



**TUGAS AKHIR - TM 145502**

**STUDI EKSPERIMEN PERBANDINGAN UNJUK KERJA  
POMPA SHIMIZU PS-116 BIT STANDAR DAN  
MODIFIKASI DENGAN METODE PENGUJIAN INSTALASI**

**FHABRY REFHA SAKHTY**  
**NRP 2113 030 009**

**Dosen Pembimbing 1**  
**Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT**  
**NIP 196202161995121001**

**Dosen Pembimbing 2**  
**Giri Nugroho, S.T, M.Sc**  
**NIP 197910292012121002**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III**  
**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**Fakultas Teknologi Industri**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2016**



**TUGAS AKHIR - TM 145502**

**STUDI EKSPERIMEN PERBANDINGAN UNJUK KERJA  
POMPA SHIMIZU PS-116 BIT STANDAR DAN  
MODIFIKASI DENGAN METODE PENGUJIAN INSTALASI**

**FHABRY REFHA SAKHTY  
NRP 2113 030 009**

**Dosen Pembimbing 1  
Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT  
NIP 196202161995121001**

**Dosen Pembimbing 2  
Giri Nugroho, S.T, M.Sc  
NIP 197910292012121002**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016**



**FINAL PROJECT - TM 145502**

# **EXPERIMENTAL STUDY OF COMPARATIVE PERFORMANCE PUMP SHIMIZU PS-116BIT STANDARD AND MODIFICATIONS USING THE INSTALLATION TESTING METHOD**

**Fhabry Refha Sakhty**  
NRP 2113 030 009

Counsellor Lecturer 1  
Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT  
NIP 196202161995121001

Counsellor Lecturer 2  
Giri Nugroho, S.T, M.Sc  
NIP. 197910292012121002

**DIPLOMA III MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT**  
Faculty of Industry Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2016

**STUDI EKSPERIMEN PERBANDINGAN UNJUK  
KERJA POMPA SHIMIZU PS-116 BIT STANDAR  
DAN MODIFIKASI DENGAN METODE PENGUJIAN  
INSTALASI**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
pada  
Bidang Studi Konversi Energi  
Program Studi Diploma III Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
SURABAYA

Oleh :

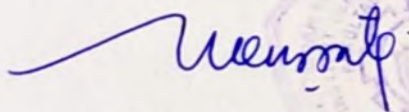
**FHABRY REFHA SAKHTY**

NRP 2113 030 009

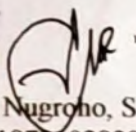
Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Dosen pembimbing 1

Dosen pembimbing 2



Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT  
NIP. 19620216 199512 1 001



Giri Nugroho, S.T, M.Sc  
NIP 197910292012121002

**SURABAYA  
JULI 2016**

# STUDI EKSPERIMEN PERBANDINGAN UNJUK KERJA POMPA SHIMIZU PS-116 BIT STANDAR DAN MODIFIKASI DENGAN METODE PENGUJIAN INSTALASI

Nama Mahasiswa : Fhabry Refha Sakhty  
NRP : 2113 030 009  
Jurusan : D-III Teknik Mesin FTI-ITS  
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT.

## Abstrak

*Di kalangan masyarakat Rejotangen kabupaten Tulungagung belakangan ini, sering dijumpai modifikasi pada pompa standar dengan jalan mengubah impeler yang semula berjenis Radial menjadi Backward, disertai pula dengan perubahan pada volute chambernya. Modifikasi ini bertujuan untuk meningkatkan unjuk kerja pompa standar. Namun demikian nilai unjuk kerja sebenarnya dari pompa modifikasi ini belum diketahui.*

*Pada tugas akhir ini dilakukan perhitungan berdasarkan pengujian instalasi dengan data dari hasil pengukuran. Perhitungan dilakukan pada pompa SHIMIZU PS-116 BIT standar dan modifikasi tanpa perubahan daya motor penggeraknya, dari hasil perhitungan yang didapat digunakan untuk membandingkan nilai unjuk kerjanya secara aktual.*

*Pada perhitungan yang telah dilakukan didapat bahwa pada kondisi fully open nilai unjuk kerja pompa modifikasi lebih unggul dari pada pompa standar. Terbukti dengan nilai Head efektif pompa modifikasi mencapai 6.01262 m sedangkan pompa standar 5.00346 m, diikuti dengan nilai unjuk kerja yang lainya kapasitas pompa modifikasi memncapai  $0.000889 \text{ m}^3/\text{s}$  sedangkan pompa standar  $0.000389 \text{ m}^3/\text{s}$ , nilai WHP dan Nshaft pompa modifikasi mencapai 52.20463 watt dan 267.52 watt secara berurutan sedangkan untuk pompa standar 19.00614 watt dan 258.72 watt. Nilai terakhir adalah efisiensi, untuk pompa modifikasi mencapai 19.51429 % jauh dahi pompa standar yang hanya mencapai 7.346221 %.*

**Kata kunci : Head, Kapasitas, WHP, Nshaft, Efisiensi**

**EXPERIMENTAL STUDY OF COMPARATIVE  
PERFORMANCE PUMP SHIMIZU PS-116BIT  
STANDARD AND MODIFICATIONS USING THE  
INSTALLATION TESTING METHOD**

**Student Name** : Fhabry Refha Sakhty  
**NRP** : 2113 030 009  
**Majors** : D-III Mechanical Engineering FTI-ITS  
**Counselor Lecturer** : Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT.

**Abstract**

*In recent times, apply modification to the default pump becomes common among the people of Rejotangen, Tulungagung regency. They change pump impeller that was oroginally Radial type to be Backward type accompanied with the changes on its volute chamber. This modification aims to improve pump performance value. But however, the value of the actual performance of this pump modification is not yet known.*

*In this final project was performed calculations based on testing the installation with data from measurement results. The calculation will be done on the pump SHIMIZU PS-116BIT standard and modification without change of its motor power. From the calculation result is used to compare the value of the actual work performance.*

*On the calculation that had been done was obtained on the fully open condition of the modification pump performance rating is higher than the standard pump. With proven value the effective Head of modification pump reaches 6.01262 m whereas the standard pump 5.00346 m, followed by the value of the other performance modifications to the pump's capacity reached 0.000889 m<sup>3</sup>/s whereas the standard pump 0.000389 m<sup>3</sup>/s, a value Nshaft and WHP pump modification reaches 52.20463 watt and 267.52 Watts respectively whereas for standard pump 19.00614 Watts and 258.72 Watts. The last value is the efficiency, to pump modification reaches 19.51429% away from the standard pump only reached 7.346221%.*

**Keywords:** *Head, capacity, WHP, Nshaft, efficiency*

## DAFTAR ISI

|                         |      |
|-------------------------|------|
| HALAMAN JUDUL .....     | i    |
| LEMBAR PENGESAHAN ..... | iii  |
| ABSTRAK INDONESIA ..... | iv   |
| ABSTRAK INGGRIS .....   | v    |
| KATA PENGANTAR .....    | vi   |
| DAFTAR ISI .....        | viii |
| DAFTAR GAMBAR .....     | xi   |
| DAFTAR TABEL .....      | xiii |

### **BAB I PENDAHULUAN ..... 1**

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| 1.1 Latar Belakang.....        | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah.....     | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah .....      | 2 |
| 1.4 Tujuan Penulisan .....     | 3 |
| 1.5 Manfaat Penulisan .....    | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan..... | 3 |

### **BAB II DASAR TEORI ..... 5**

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| 2.1 Tinjauan Umum Pompa.....                          | 5  |
| 2.2 Klasifikasi Pompa.....                            | 5  |
| 2.2.1 Pompa Non Positive Displacement (Dynamic) ..... | 6  |
| 2.2.2.1 Pompa Sentrifugal.....                        | 8  |
| 2.3 Jenis Aliran Fluida.....                          | 11 |
| 2.3.1 Aliran Viscous dan Inviscid .....               | 12 |
| 2.3.2 Aliran Laminar dan Turbulen.....                | 12 |
| 2.3.3 Aliran Internal .....                           | 14 |
| 2.3.4 Aliran Inkompresibel .....                      | 15 |
| 2.4 Persamaan Kontinuitas .....                       | 16 |
| 2.5 Hukum Pertama Termodinamika.....                  | 17 |
| 2.6 Tinggi – Tekan ( <i>Head</i> ) .....              | 18 |
| 2.6.1 <i>Head</i> Potensial.....                      | 18 |
| 2.6.2 <i>Head</i> Kecepatan .....                     | 19 |
| 2.6.3 <i>Head</i> Tekanan.....                        | 19 |

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| 2.7 Persamaan Bernoulli.....                  | 20 |
| 2.8 <i>Head</i> Effektif Instalasi Pompa..... | 22 |
| 2.8.1 <i>Head</i> Statis .....                | 23 |
| 2.8.2 <i>Head</i> Dinamis.....                | 25 |
| 2.9 <i>Head</i> Efektif Total Pompa.....      | 26 |
| 2.10 Kurva Karakteristik Pompa .....          | 27 |
| 2.10.1 Karakteristik Utama .....              | 27 |
| 2.10.2 Karakteristik Kerja .....              | 27 |
| 2.10.3 Karakteristik Universal.....           | 28 |
| 2.10.4 Titik Operasi Pompa.....               | 29 |
| 2.11 Daya Penggerak.....                      | 30 |
| 2.11.1 Daya Pompa / Daya Fluida (WHP) .....   | 30 |
| 2.11.2 Daya Poros ( $N_{\text{shaft}}$ )..... | 31 |
| 2.11.3 Daya Motor.....                        | 32 |

### **BAB III METODOLOGI..... 33**

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| 3.1 Persiapan awal.....                           | 33 |
| 3.2 Pengambilan Data.....                         | 33 |
| 3.2.1 Spesifikasi Instalasi Pengujian Pompa ..... | 34 |
| 3.2.2 Bagian Instalasi Pengujian Pompa .....      | 35 |
| 3.3 Prosedur Pengujian.....                       | 40 |
| 3.4 Data Hasil Pengujian .....                    | 41 |
| 3.5 Perhitungan.....                              | 43 |
| 3.6 Diagram Alir .....                            | 43 |

### **BAB IV PERHITUNGAN ..... 47**

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1 Pengujian Unjuk Kerja Pompa SHIMIZU PS-116 BIT<br>Standart.....    | 47 |
| 4.1.1 Data Hasil Percobaan .....                                       | 47 |
| 4.1.2 Contoh Perhitungan Unjuk Kerja .....                             | 48 |
| 4.1.3 Hasil Perhitungan Unjuk Kerja .....                              | 50 |
| 4.2 Pengujian Unjuk Kerja Pompa SHIMIZU PS-116 BIT<br>Modifikasi ..... | 51 |
| 4.2.1 Data Hasil Percobaan.....                                        | 51 |
| 4.2.2 Contoh Perhitungan Unjuk Kerja .....                             | 51 |



|                                          |           |
|------------------------------------------|-----------|
| 4.2.3 Hasil Perhitungan Unjuk Kerja..... | 54        |
| 4.3 Perbandingan Unjuk Kerja Pompa ..... | 55        |
| <b>BAB V PENUTUP .....</b>               | <b>59</b> |
| 5.1 Kesimpulan.....                      | 60        |
| 5.2 Saran.....                           | 60        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>              | <b>61</b> |
| <b>LAMPIRAN</b>                          |           |
| <b>BIODATA PENULIS</b>                   |           |

## DAFTAR TABEL

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 3.1 Data Hasil Pengujian Pompa Standar .....                            | 42 |
| Tabel 3.2 Data Hasil Pengujian Pompa Modifikasi .....                         | 42 |
| Tabel 4.1 Data Hasil Percobaan Pompa Standar .....                            | 47 |
| Tabel 4.2 Data Hasil Perhitungan Unjuk Kerja Pompa<br>Standar .....           | 50 |
| Tabel 4.3 Data Hasil Percobaan Pompa Modifikasi .....                         | 51 |
| Tabel 4.4 Data Hasil Perhitungan Unjuk Kerja pompa<br>modif .....             | 54 |
| Tabel 5.1 Perbandingan Unjuk Kerja Pada <i>Fully Open</i> .....               | 59 |
| Tabel 5.2 Perbandingan Unjuk Kerja Pada Efisiensi<br>Tertinggi .....          | 60 |
| Tabel 5.3 Perbandingan Unjuk Kerja Pada kondisi Shut-<br>Off .....            | 60 |
| Tabel 5.4 Perbandingan <i>Head</i> -Kapasitas Pada kondisi Shut-<br>Off ..... | 60 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Klasifikasi pompa <i>dynamic</i> .....                                                                  | 7  |
| Gambar 2.2 Bagian Pompa Sentrifugal.....                                                                           | 8  |
| Gambar 2.3 Pompa Aliran Campuran dan Impellernya.....                                                              | 9  |
| Gambar 2.4 Pompa Aliran Aksial.....                                                                                | 10 |
| Gambar 2.5 Pompa Peripheral.....                                                                                   | 10 |
| Gambar 2.6 Klasifikasi Jenis Fluida.....                                                                           | 12 |
| Gambar 2.7 Profil kecepatan aliran memasuki pipa.....                                                              | 14 |
| Gambar 2.8 Persamaan kontinuitas dengan volume atur....                                                            | 16 |
| Gambar 2.9 Metode Mengukur <i>Head</i> .....                                                                       | 19 |
| Gambar 2.10 Kontrol Volume dan koordinat untuk analisis aliran<br>energi yang melewati elbow 90 <sup>0</sup> ..... | 20 |
| Gambar 2.11 Head efektif instalasi.....                                                                            | 23 |
| Gambar 2.12 Karakteristik Utama.....                                                                               | 27 |
| Gambar 2.13 Karakteristik Kerja.....                                                                               | 28 |
| Gambar 2.14 Karakteristik Universal.....                                                                           | 29 |
| Gambar 2.15 Titik operasi pompa.....                                                                               | 30 |
| Gambar 2.16 Efisiensi Standar Pompa.....                                                                           | 31 |
| Gambar 3.1 Instalasi Pengujian Pompa.....                                                                          | 34 |
| Gambar 3.2 Pompa SHIMIZU PS-116BIT Standar.....                                                                    | 35 |
| Gambar 3.3 Bentuk Impeller pompa standar.....                                                                      | 35 |
| Gambar 3.4 Pompa SHIMIZU PS-116BIT modifikasi.....                                                                 | 36 |
| Gambar 3.5 Bentuk Impeller pompa modifikasi.....                                                                   | 36 |
| Gambar 3.6 Ampere meter.....                                                                                       | 37 |
| Gambar 3.7 VoltMeter.....                                                                                          | 37 |
| Gambar 3.8 Manometer Discharge.....                                                                                | 38 |
| Gambar 3.9 Manometer Suction.....                                                                                  | 38 |
| Gambar 3.10 Gate valve.....                                                                                        | 39 |
| Gambar 3.11 Rota Meter.....                                                                                        | 39 |
| Gambar 3.12 Reservoir.....                                                                                         | 40 |
| Gambar 3.13 Diagram alir urutan pengerjaan tugas akhir...                                                          | 44 |
| Gambar 3.14 Diagram alir Perhitungan Unjuk Kerja Pompa...                                                          | 46 |
| Gambar 4.1 Gafik unjuk kerja pompa SHIMIZU PS-116 BIT<br>standar.....                                              | 55 |

|            |                                                                                   |    |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4.2 | Gafik unjuk kerja pompa SHIMIZU PS-116 BIT<br>modifikasi.....                     | 56 |
| Gambar 4.3 | Gafik Perbandingan unjuk kerja pompa SHIMIZU<br>PS-116 BIT standard an modif..... | 57 |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pada era modern ini, pompa bukan lagi alat yang asing di kalangan masyarakat luas. Penggunaan pompa sendiri sudah sangat beragam mulai dari penggunaan skala rumah tangga, hingga pada skala industri besar. Dalam hal ini pemilihan pompa sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan juga diperlukan, mengingat begitu banyaknya jenis pompa yang ada di pasaran.

Jika dilihat kembali pada penggunaan skala rumah tangga, sering dijumpai pompa berjenis rotodinamic dengan tipe Turbin pump. Pompa jenis ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan distribusi air dalam rumah tangga, baik untuk kegiatan MCK maupun kebutuhan air minum sehari-hari. Dari hasil peninjauan, pada umumnya masyarakat memilih pompa jenis ini karena selain dari segi ekonomisnya juga karena kemudahan dari segi instalasi, selain itu konstruksinya tidak terlalu rumit sehingga tidak memerlukan banyak tempat dan juga minim perawatan. Dari segi kehandalan dapat diambil contoh yaitu pompa merk SHIMIZU PS-116 BIT jenis ini memiliki head total 22 m, debit air 10-24 liter per menit dengan daya input 280 watt sesuai dengan nameplate pompa.

Namun belakangan ini muncul tren baru dikalangan masyarakat untuk memodifikasi pompa standar sehingga merubah nilai unjuk kerja dari pompa tersebut. Dalam hal ini ditinjau masyarakat di daerah Kecamatan Rejotangan, Kabupaten Tulungagung. Di daerah tersebut pompa modifikasi bukan lagi hal baru, banyak pompa standar yang diubah bentuk casing dan impeller.

Dari sana muncul ketertarikan untuk mengambil topik mengenai pompa modifikasi ini. Karena dari hasil peninjauan

lapangan tidak diketahui nilai unjuk kerja secara pasti maka dari itu dilakukan pengukuran sesuai prosedur yang ada guna mendapatkan nilai unjuk kerja serta mengetahui pengaruh modifikasi tersebut terhadap performa pompa.

## 1.2 Perumusan Masalah

Dengan latar belakang tersebut, timbul permasalahan bahwa nilai unjuk kerja sebenarnya dari pompa modifikasi ini tidak diketahui nilainya. Dari situlah maka dilakukan pengukuran dan percobaan untuk menghitung dan mengetahui unjuk kerja dengan data secara aktual dari pompa modifikasi yang semula berjenis turbin pump dan kemudian dirubah menjadi jenis sentrifugal, sehingga dapat dilakukan perbandingan antara keduanya. Hal ini berkaitan dengan Head pompa, Kapasitas, Daya input, WHP dan efisiensi dari kedua pompa tersebut.

## 1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian dan penyusunan tugas akhir ini diambil batasan masalah antara lain sebagai berikut.

- a. Pompa yang dimodifikasi adalah pompa dengan merk SHIMIZU PS-116 BIT dengan daya input 280 watt, kapasitas maksimum 24 liter per menit dan head total 22 meter sesuai nameplate.
- b. Modifikasi dilakukan dengan mengubah bentuk *impeller* menjadi *Backward curve* yang umum dijual di pasaran tanpa adanya perubahan pada motor penggerak sehingga daya input dan putaran (rpm) tetap.
- c. Diasumsikan instalasi terisolasi dengan baik sehingga tidak ada perpindahan panas.
- d. Fluida yang dilayani bersifat *incompressible* dengan aliran *steady state*, *steady flow*, dan *fully develop*.
- e. Perhitungan performa pompa secara aktual melalui pengukuran data di lapangan tanpa perhitungan geometri *impeller* dan *casing*.

#### **1.4 Tujuan Penulisan**

Penulisan tugas akhir ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut :

- a. Mengetahui unjuk kerja pompa pabrikan SHIMIZU PS-116 BIT .
- b. Mengetahui unjuk kerja pompa SHIMIZU PS-116 BIT yang telah diubah *casing* dan impellernya.
- c. Membandingkan unjuk kerja kedua pompa.
- d. Mengetahui pengaruh perubahan komponen karena adanya modifikasi dengan perhitungan secara actual melalui data pengukuran.

#### **1.5 Manfaat Penulisan**

Dengan dilakukannya pengujian ini diharapkan dapat diperoleh manfaat antara lain.

- a. Didapatkan hasil data yang riil mengengai perbandingan unjuk kerja antara pompa pabrikan dan yang telah dimodifikasi.
- b. Mengetahui pengaruh dari hasil modifikasi melalui pengukuran data secara langsung.
- c. Menambah pengetahuan mengenai pompa sentrifugal dan pengaruh perubahan pada komponennya terhadap performa pompa.
- d. Menambah perbendaharaan tugas akhir mengenai unjuk kerja pompa sentrifugal.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

##### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi tentang latar belakang penulisan, perumusan masalah yang dipilih, batasan permasalahan, tujuan penulisan, manfaat penulisan, dan sistematika penulisan.

## BAB II DASAR TEORI

Bab ini memaparkan tentang teori yang digunakan dengan persamaan-persamaan yang mendasari perumusan masalah, teori *internal flow*, *head loss*, *head efektif* instalasi, kurva karakteristik pompa.

## BAB III METODOLOGI

Bab ini menjelaskan data-data yang diperoleh dari survey di lapangan dan diagram alir proses penulisan tugas akhir secara umum, perhitungan manual.

## BAB IV PERHITUNGAN

Bab ini memuat tentang perhitungan-perhitungan sistem perpipaan, *head loss*, *head efektif* instalasi, daya, efisiensi, dan data hasil perbandingan antar kedua pompa berdasarkan data actual pengukuran di lapangan.

## BAB V PENUTUP

Berisikan penarikan kesimpulan dan pemberian saran. Kesimpulan memuat pernyataan singkat dan tepat dari hasil perhitungan dan pembahasan. Saran memuat masukan-masukan yang bermanfaat dan sebagai tinjauan untuk perancangan atau perhitungan berikutnya.

## LAMPIRAN



## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Pompa adalah suatu alat / pesawat yang digunakan untuk memindahkan fluida cair (*liquid*) dari suatu tempat yang rendah ke tempat lain yang lebih tinggi, dari suatu tempat yang bertekanan rendah ke tempat yang bertekanan tinggi, atau dari satu tempat ke tempat lain yang jauh dan juga untuk mengatasi tahanan hidrolisnya.

Setiap fluida atau cairan mempunyai *properties* atau sifat-sifat tersendiri yang berbeda dengan *fluida* lainnya. Energi cairan yang dinaikkan oleh pompa ditentukan oleh sifat-sifat atau *properties fluida* tersebut. Sehingga unjuk kerja setiap pompa akan berbeda untuk pemompaan cairan yang berbeda pula. Hal ini akan berpengaruh terhadap proses pemompaan sesuai dengan kondisi perencanaan. Masing-masing pompa akan mempunyai kurva *performance* yang telah dibuat oleh pembuatnya (pabrik). Hasil yang diperoleh dari perhitungan instalasi pompa tersebut, pada akhirnya dapat diketahui kondisi pemompaannya. Berhasil tidaknya proses pemompaan, juga ditentukan oleh beberapa faktor antara lain adalah :

- a. Proses operasi pemompaan yang benar
- b. Pemilihan jenis pompa yang sesuai
- c. Pemeliharaan serta perbaikan pompa apabila terjadi kerusakan
- d. Pemahaman pengetahuan pompa yang memadai, sehingga akan mengetahui unjuk kerja suatu pompa

Sehingga dari kondisi operasi serta proses pemindahan cairan dari suatu pompa akan mempermudah untuk mengadakan modifikasi serta perencanaan suatu proses pemompaan.

#### **2.2 Klasifikasi Pompa**

Berdasarkan cara pemindahan atau transfer fluidanya, pompa dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok besar yaitu :

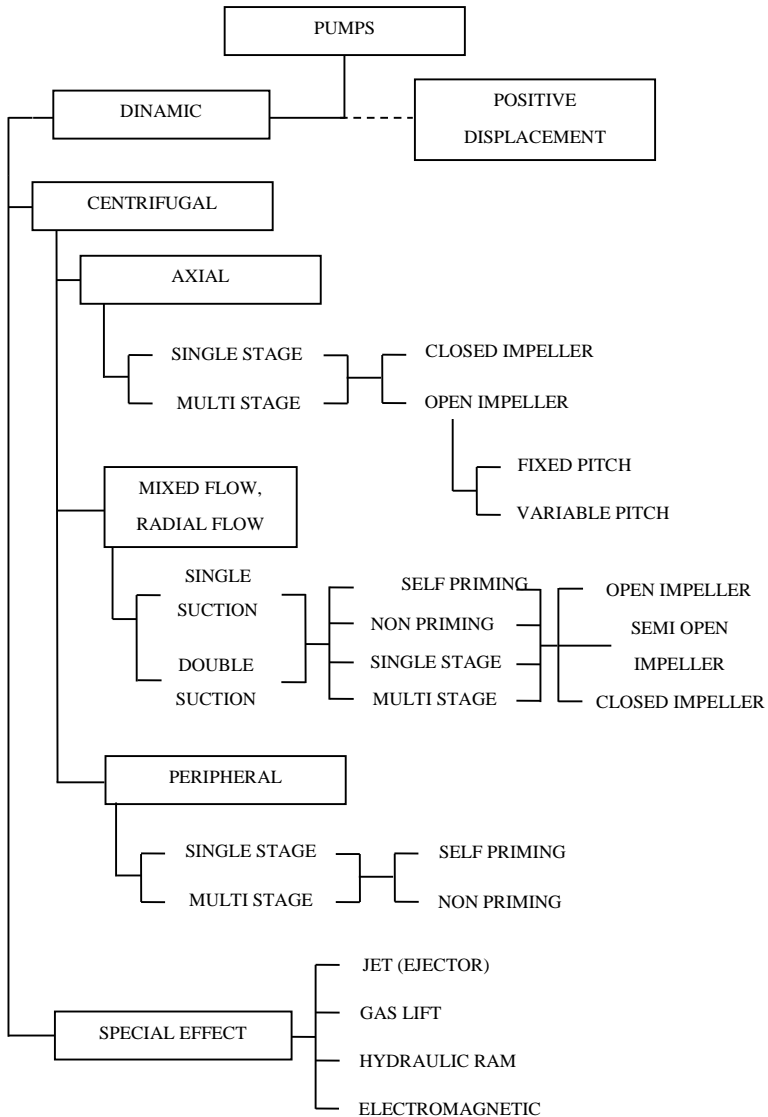
1. *Pompa Positive Displacement ( Positive Displacement Pump)*
  2. *Pompa Dynamic ( Non Positive Displacement Pump)*
- Namun pada pembahasan ini hanya akan dijabarkan mengenai pompa *Dynamic* saja.

### **2.2.1 Pompa Non Positive Displacement (Dynamic)**

Pada *pompa non positive displacement*, perpindahan zat cair disebabkan oleh gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh adanya gerakan dari sudu-sudu atau *impeller*. Pompa ini mempunyai prinsip kerja merubah energi kinetik yang selanjutnya dirubah menjadi energi potensial. Jadi pompa dynamics adalah suatu pompa yang mana dalam operasinya, volume ruang kerjanya tidak berubah. Dalam hal ini energi yang dipindahkan ke fluida kerja adalah energi kinetik, sehingga pemindahan fluida terjadi karena perubahan kecepatan.

Ciri-ciri pompa *non Positive Displacement* adalah sebagai berikut :

- a. *Head* yang dihasilkan relatif rendah dengan debit cairan yang lebih tinggi.
- b. Tidak mampu beroperasi pada *suction* yang kering. Oleh sebab itu pipa *suction* harus berisi air penuh sampai *impeller* pompa.



**Gambar 2.1** Klasifikasi pompa *dynamic*

Secara garis besar pompa dynamic digolongkan sebagai berikut:

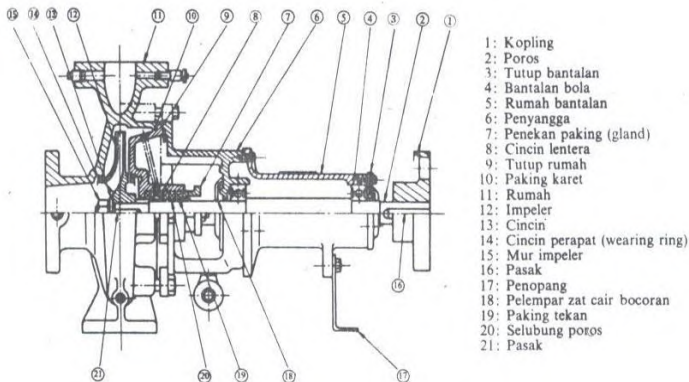
### 2.2.2.1 Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal adalah suatu pompa dengan piringan bersudu yang berputar untuk menaikkan momentum fluidanya. Prinsip kerjanya adalah dengan adanya putaran *impeller*, partikel-partikel fluida yang berada dalam *impeller* digerakkan dari *inlet* ke *outlet*. Gerakan ini menyebabkan tekanan yang ada dalam *inlet* terus menuju *casing* pompa selama fluida mengalir di dalam *impeller*. Partikel dipercepat dengan menaikkan energi kinetisnya. Energi kinetis ini diubah menjadi energi potensial pada *casing*.

Berdasarkan arah aliran dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu :

#### A. Pompa Aliran Radial (*Radial Flow*)

Pompa ini memiliki konstruksi sedemikian rupa sehingga aliran fluida yang keluar dari *impeller* akan melalui sebuah bidang yang tegak lurus pompa.



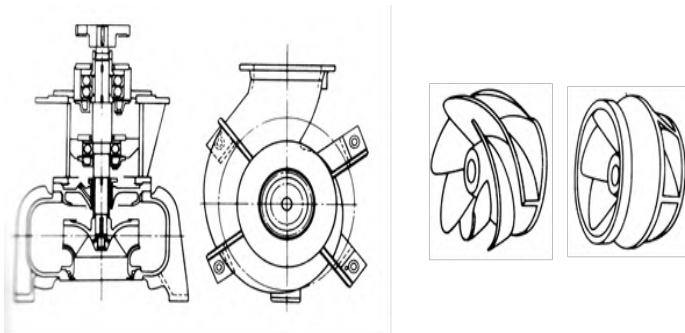
**Gambar 2.2** Bagian Pompa Sentrifugal

Prinsip kerja pompa radial, pada gambar 2.11, *impeller* digunakan untuk mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi. Daya dari luar diberikan kepada poros untuk memutar *impeller* di dalam zat cair. Maka zat cair yang ada di dalam *impeller*, oleh dorongan dorongan sudu akan ikut berputar.

Karena timbul gaya sentrifugal, maka zat cair mengalir dari tengah *impeller* ke luar melalui saluran diantara sudu-sudu. Disini *head* tekanan zat cair akan menjadi lebih tinggi. Demikian pula *head* kecepatannya bertambah besar karena zat cair mengalami percepatan. Zat cair yang keluar dari *impeller* ditampung oleh saluran berbentuk volut di keliling *impeller* dan disalurkan ke luar pompa melalui nosel. Di dalam nosel ini sebagian *head* kecepatan aliran diubah menjadi *head* tekanan.

### **B. Pompa Aliran Campuran (*Mixed Flow*)**

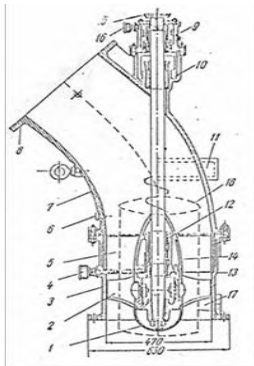
Pada pompa ini aliran fluida yang meningkatkan *impeller* akan bergerak sepanjang permukaan kerucut didalam pompa.



**Gambar 2.3** pompa aliran campuran dan bentuk impellernya

### C. Pompa Aliran Aksial (*Axial Flow*)

Pada pompa ini aliran fluida meninggalkan *impeller* dan bergerak sepanjang permukaan silinder keluar atau sejajar poros pompa. Hal yang paling spesifik pada pompa aksial adalah arah aliran fluida yang melalui pompa sejajar dengan poros *impeller* dengan arah aksial. Dalam pengoperasiannya, *impeller* pompa selalu terbenam dalam cairan yang dipompakan.



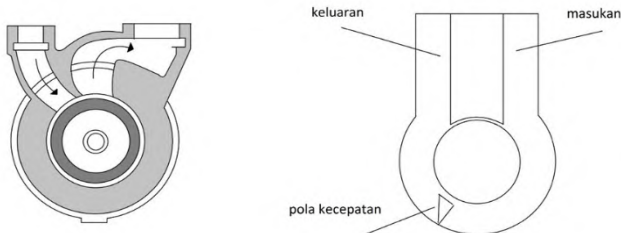
#### Keterangan Gambar :

1. Penutup hub
2. Impeller
3. Pipa suction
4. Mangkok pelumas
5. Sudu antar
6. Pressure tap
7. Pipa discharge
8. Flens
9. Rumah bantalan
10. Bantalan luncur
11. Pengikat rangka
12. Bantalan luncur
13. Pengikat sudu
14. Pemegang sudu
15. Kopling

**Gambar 2.4** Pompa Aliran Aksial

### D. Peripheral Pump

Pompa turbin atau pompa peripheral adalah suatu pompa yang mempunyai bentuk sudu impeler lurus atau radial. Jika rotor berputar, energi ditambahkan ke cairan dalam sejumlah impuls



**Gambar 2.5** Pompa Peripheral (pompa turbin)

Keuntungan pompa sentrifugal dibandingkan pompa *reciprocating* diantaranya adalah:

1. Aliran fluida yang dihasilkan lebih kontinyu bila dibandingkan dengan pompa *reciprocating* yang alirannya tersendat-sendat (*intermitten*).
2. Karena tidak terjadi gesekan antara impeller dengan casing sehingga keausannya lebih kecil.
3. Dapat beroperasi pada putaran yang tinggi sehingga dapat langsung dikopel dengan motor penggerak.
4. Ukuran yang relatif kecil menyebabkan bobotnya ringan dan pondasi yang mudah.
5. Harga lebih murah dan perawatan yang mudah.

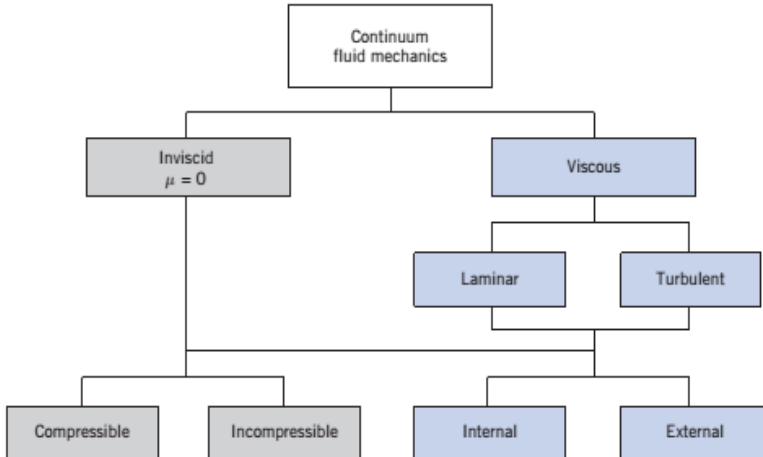
Kerugian pompa sentrifugal dibandingkan dengan pompa *reciprocating* adalah sebagai berikut:

1. Untuk kapasitas yang kecil dan head yang besar, efisiensinya lebih kecil
2. Agar pompa dapat bekerja lebih efisien, maka pompa harus bekerja pada titik kerjanya saja.
3. Memerlukan priming pada awal operasi.
4. Perlu dilakukan konfigurasi multistage untuk mendapatkan head yang tinggi dan kapasitas yang rendah.

## **2.3 Jenis Aliran Fluida**

Karena sulitnya menganalisa partikel cairan secara mikroskopis maka dilakukan pendekatan secara makroskopis dengan anggapan sudah cukup memadai, ini berarti kita harus mengansumsikan *fluida* yang "*continuum*", sebagai konsekuensinya bahwa seluruh *properties fluida* merupakan suatu fungsi daripada kedudukan dan waktu.

Dengan adanya *properties fluida* ini, maka unjuk kerja pompa juga akan berpengaruh. Karena ada variasi dari bentuk aliran yang dihasilkan. Keberadaan bentuk aliran ini sangat menentukan di dalam perencanaan instalasi pompa.



**Gambar 2.6** Klasifikasi Jenis Fluida

### 2.3.1 Aliran *Viscous* dan *Inviscid*

Aliran *viscous* adalah jenis aliran fluida yang memiliki kekentalan atau viscous ( $\mu > 0$ ). Viskositas fluida sangat berpengaruh saat fluida mengalir di suatu plat datar ataupun pipa yang dapat menghasilkan tegangan geser di dinding saluran tersebut.

*Inviscid* adalah aliran yang tidak mengalami gesekan ( $\mu = 0$ ). Aliran tanpa gesekan adalah aliran fluida yang pengaruh gesekannya diabaikan atau pengaruh kekentalan (viskositas) fluida tidak mempengaruhi aliran fluida. Dapat disimpulkan bahwa fluida yang inviscid ialah fluida yang dianggap tidak mempunyai viskositas(hambatan) atau kekentalan.

### 2.3.2 Aliran *Laminar* dan *Turbulen*

Aliran suatu *fluida* dibedakan menjadi dua tipe, yaitu aliran *laminar* dan aliran *turbulen*. Aliran dikatakan *laminar* bila partikel-partikel *fluida* yang bergerak secara teratur



mengikuti lintasan yang sejajar pipa dan bergerak dengan kecepatan yang sama. Aliran ini terjadi bila kecepatan kecil dan kekentalan yang besar. Sedangkan aliran disebut *turbulen* bila tiap partikel *fluida* bergerak mengikuti lintasan sembarang di sepanjang pipa dan hanya gerakan rata-rata saja yang mengikuti sumbu pipa. Aliran ini terjadi apabila kecepatan besar dan kekentalan *fluida* yang kecil.

Kekentalan (*viskositas*) berpengaruh besar sehingga dapat meredam gangguan yang mengakibatkan aliran menjadi *turbulen*. Dengan berkurangnya kekentalan dan bertambahnya kecepatan aliran maka daya redam terhadap gangguan akan berkurang yang sampai pada batas tertentu akan menyebabkan terjadinya perubahan aliran dari *Laminar* menjadi *Turbulen*.

Koefisien gesekan untuk suatu pipa silindris merupakan *Bilangan Reynold (Re)*. Untuk menentukan tipe aliran apakah *laminar* atau *turbulen* dapat digunakan rumus di bawah ini :

$$Re = \frac{\bar{V} \cdot D}{\nu} \quad (2.1)$$

Dimana :

$Re$  = bilangan *Reynold*  
 $\bar{V}$  = kecepatan aliran *fluida* (m/s)  
 $D$  = diameter dalam pipa (m)  
 $\nu$  = *viskositas kinematik* zat cair (m<sup>2</sup>/s)

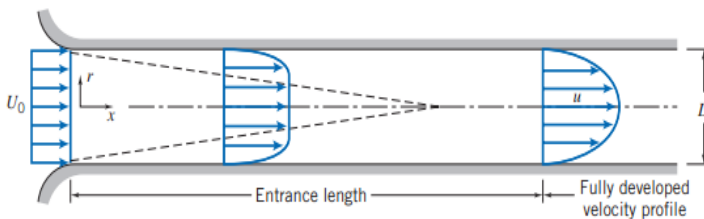
Bila :  $Re \leq 2300$ , aliran bersifat *laminar*  
 $2300 \leq Re \leq 4000$ , aliran bersifat *transisi*  
 $Re \geq 4000$ , aliran bersifat *turbulen*

Aliran *transisi* merupakan dimana aliran dapat bersifat *laminar* atau *turbulen* tergantung dari kondisi pipa dan aliran.

### 2.3.3 Aliran *Internal*

Aliran *internal* adalah aliran dimana *fluida* yang mengalir yang dibatasi oleh suatu batasan atau *boundary* berupa benda *solid*, seperti aliran yang berada di dalam pipa.

Aliran *external* adalah aliran yang tidak dibatasi oleh suatu permukaan zat lainnya atau aliran yang melintasi suatu permukaan benda seperti plat. Batasan kontrol volume yang biasanya digunakan adalah hingga *fluida* yang melewati suatu benda *solid* (padat).



**Gambar 2.7** Profil kecepatan aliran memasuki pipa  
(Sumber : Fox and McDonald, *Introduction to Fluid Mechanics*)

Aliran yang masuk pada pipa adalah aliran *uniform* dengan kecepatan  $U_0$ . Karena aliran merupakan aliran *viscous*, maka pada dindingnya terjadi lapisan batas (*boundary layer*). Aliran *viscous* yang ada di dalam *boundary layer* tersebut pengaruh *viskositasnya* relatif besar, sehingga profil kecepatannya tidak *uniform* lagi seperti pada gambar 2.16.

Perubahan profil kecepatan dalam aliran ini memiliki batas tertentu. Apabila *boundary layer* tersebut bertemu pada satu titik, maka profil kecepatannya akan tetap. Aliran yang telah berkembang penuh ini dinamakan aliran *fully developed*. Jarak dari saat mula-mula aliran masuk sampai menjadi *fully developed* disebut dengan *Entrance Length*. Kecepatan aliran rata-rata yang terjadi adalah  $\bar{V}$ , ini tentunya harus bernilai sama dengan  $U_0$ . Jadi, nilai  $\bar{V} = U_0 = \text{konstan}$ . Panjang

*extrance length* (L) untuk aliran *laminar* merupakan fungsi bilangan *reynold* :

$$\frac{L}{D} \cong 0,06 \frac{\rho \cdot \bar{V} \cdot D}{\mu}$$

Dimana :

$\bar{V} = \frac{Q}{A}$  adalah kecepatan rata-rata.

- Karena laju aliran (*flow rate*)  
 $Q = A \cdot \bar{V} = A \cdot U_0$  , dimana  $\bar{V} = U_0$

Sedangkan untuk aliran *turbulen*, karena *boundary layer* muncul lebih cepat maka panjang *extrance length* akan menjadi lebih pendek yaitu  $\pm 25$  sampai 40 kali diameter pipa.

### 2.3.4 Aliran Inkompressibel

Aliran Inkompressibel adalah aliran yang melewati suatu benda padat dan apabila terjadi perubahan temperatur yang dapat berpengaruh pada *density*/ massa jenis (P), hal ini dapat diabaikan karena perubahan *density* tidak secara signifikan contoh adalah fluida cair ( $\rho_1 = \rho_2$ )

Untuk dapat membedakan jenis aliran *compressible* atau *incompressible* tersebut, dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan bilangan *Mach* (M)

$$M = \frac{\bar{v}}{c}$$

Dimana :

M = bilangan Mach

$\bar{v}$  = Kecepatan rata-rata aliran

c = Kecepatan rambat bunyi lokal

Sehingga untuk *mach number*  $< 0.3$  adalah aliran *Incompressible*. Sedangkan untuk *mach number*  $> 0,3$  adalah aliran *compressible*.

## 2.4 Persamaan Kontinuitas

Suatu sistem dapat didefinisikan sebagai kumpulan yang massanya tidak berubah, sehingga prinsip kekekalan massa dapat ditulis sebagai berikut :

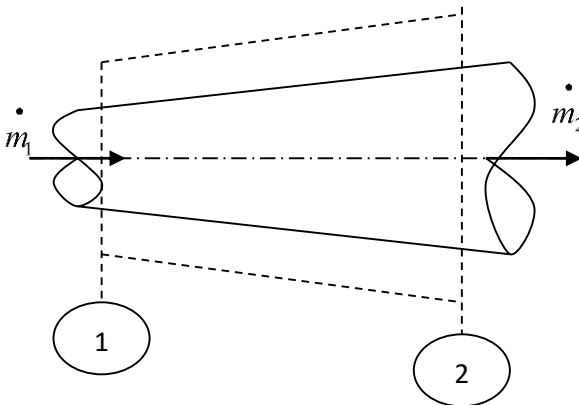
$$0 = \int_{CS} \rho \cdot \bar{V} \cdot dA$$

Dengan mengintegrralkan persamaan di atas, maka di dapat persamaan kontinuitas sebagai berikut :

$$0 = -[\rho_1 \cdot \bar{V}_1 \cdot A_1] + [\rho_2 \cdot \bar{V}_2 \cdot A_2]$$

Atau

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 \quad (2.2)$$



**Gambar 2.8** Persamaan kontinuitas dengan volume atur

Dimana :

$\rho = \text{density (kg/m}^3\text{)}$

$V = \text{Kecepatan aliran fluida (m/s)}$

$A = \text{Luas penampang (m}^2\text{)}$

## 2.5 Hukum Pertama Termodinamika

Hukum pertama termodinamika menyatakan tentang kekekalan energi (*conservation of energy*). Persamaannya sebagai berikut :

$$(\dot{Q} - \dot{W}) = \left[ \frac{dE}{dt} \right]_{\text{system}} \quad (2.3)$$

Dimana energi total :

$$E_{\text{system}} = \int_{M(\text{system})} e \cdot dm = \int_{\forall(\text{system})} e \cdot \rho \cdot d\forall$$

Dengan nilai dari energi dalam adalah :

$$e = u + \frac{\overline{V}^2}{2} + g \cdot z$$

Dengan  $\dot{Q}$  bernilai positif bila panas yang diberikan ke sistem dan sekelilingnya, sedangkan  $\dot{W}$  bernilai positif bila kerja diberikan dari sistem ke sekelilingnya. Untuk menurunkan perumusan volume dari hukum pertama termodinamika  $N = E$  dan  $n = e$  sehingga diperoleh persamaan :

$$\left[ \frac{dN}{dt} \right]_{\text{system}} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{CV} e \cdot \rho \cdot d\forall + \int_{CS} e \cdot \rho \cdot \overline{V} \cdot dA \quad (2.4)$$

Dari persamaan 2.3 Dan 2.4 Didapat

$$(\dot{Q} - \dot{W}) = \frac{\partial}{\partial t} \int_{CV} e \cdot \rho \cdot dV + \int_{CS} e \cdot \rho \cdot \bar{V} \cdot dA \quad (2.5)$$

Besarnya kerja pada volumeatur dibagi menjadi empat kelompok, yaitu :

$$\dot{W} = \dot{W}_s + \dot{W}_{normal} + \dot{W}_{shear} + \dot{W}_{other}$$

Maka hukum pertama termodinamika menjadi :

$$(\dot{Q} - \dot{W}_s - \dot{W}_{normal} - \dot{W}_{shear} - \dot{W}_{other}) = \frac{\partial}{\partial t} \int_{CV} e \cdot \rho \cdot dV + \int_{CS} e \cdot \rho \cdot \bar{V} \cdot dA \quad (2.6)$$

Dimana:

$\dot{W}_{shaft}$  = kerja persatuan waktu yang diakibatkan oleh tegangan poros

$\dot{W}_{normal}$  = kerja persatuan waktu yang ditimbulkan oleh tegangan normal

$\dot{W}_{shear}$  = kerja persatuan waktu yang diakibatkan oleh tegangan geser

$\dot{W}_{other}$  = kerja persatuan waktu yang diakibatkan oleh kelistrikan

## 2.6 Tinggi - Tekan (*Head*)

*Head* / tinggi tekan adalah ketinggian kolom *fluida* yang harus dicapai *fluida* untuk memperoleh jumlah energi yang sama dengan yang dikandung oleh satu satuan bobot *fluida* yang sama. *head* ini ada dalam tiga bentuk, yaitu :

### 2.6.1 *Head* Potensial

Didasarkan pada ketinggian *fluida* di atas bidang datar. Jadi suatu kolom *fluida* setinggi 1 meter mengandung jumlah

energi yang disebabkan oleh posisinya dan dikatakan *fluida* tersebut memiliki *head* sebesar 2 meter kolom air (Z).

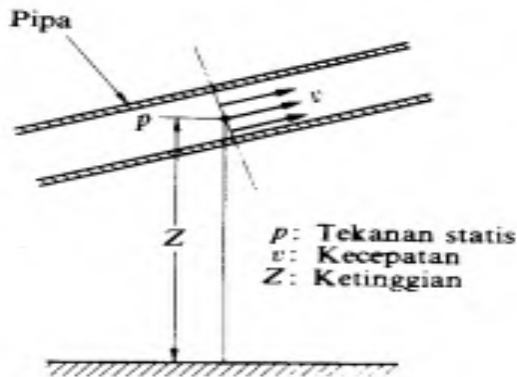
### 2.6.2 Head Kecepatan / Kinetik

Suatu ukuran energi kinetik yang dikandung satu satuan bobot *fluida* yang disebabkan oleh kecepatan dan dinyatakan dengan persamaan  $\frac{\bar{v}^2}{2g}$

### 2.6.3 Head Tekanan

Energi yang dikandung *fluida* akibat tekanannya yang dinyatakan dengan persamaan  $\frac{P}{\gamma}$ .

Energi mekanik total adalah energi *fluida* yang memiliki kemampuan untuk melakukan kerja. Ketinggian (Z) yang dimiliki aliran diukur dari bidang datar yang sudah ditentukan. Berikut ini adalah gambar yang memperjelas untuk tinggi tekan (*Head*) yang dimiliki aliran :

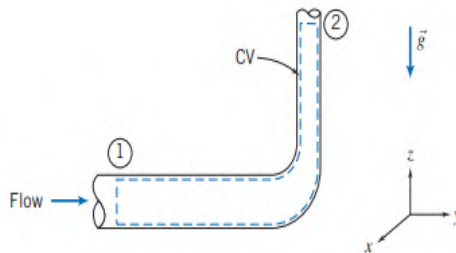


**Gambar 2.9** Metode Mengukur Head

(Sumber : Sularso Tahara Haruo, *Pompa dan Kompresor Pemilihan Pemakaian dan Pemeliharaan*, Cetakan pertama)

## 2.7 Persamaan Bernoulli

Persamaan ini didapat dari penurunan persamaan Hukum Termodinamika I (Persamaan 2.6)



**Gambar 2.10** Kontrol Volume dan koordinat untuk analisis aliran energi yang melewati elbow 90°  
(Sumber : Fox and McDonald, *Introduction to Fluid Mechanics*)

Untuk mengkaji energi yang hilang atau kerugian tinggi tekan yang terjadi pada aliran yang melalui pipa, digunakan persamaan energi, yaitu :

$$(\dot{Q} - \dot{W}_s - \dot{W}_{normal} - \dot{W}_{shear} - \dot{W}_{other}) = \frac{\partial}{\partial t} \int_{CV} e \cdot \rho \cdot d\forall + \int_{CS} (e + Pv) \cdot \rho \cdot \bar{V} \cdot dA \quad (2.7)$$

Dengan asumsi :

1.  $\dot{W}_s = 0$  ,  $\dot{W}_{other} = 0$
2.  $\dot{W}_{shear} = 0$  ( meskipun terdapat tegangan geser pada dinding-dinding belokan, tetapi kecepatan pada dinding adalah nol )
3. *Steady Flow* (  $\forall = 0$  )
4. *Incompressible*
5. Energi dalam dan tekanan pada tiap penampang *uniform*.

Dengan asumsi di atas, maka persamaan 2.7 menjadi :



$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot (u_2 - u_1) + \dot{m} \left( \frac{P_2}{\rho} - \frac{P_1}{\rho} \right) + \dot{m} \cdot g \cdot (z_2 - z_1) + \left( \int_{A_2} \frac{\overline{V_2^2}}{2} \cdot \rho \cdot \overline{V_2} \cdot dA_2 - \int_{A_1} \frac{\overline{V_1^2}}{2} \cdot \rho \cdot \overline{V_1} \cdot dA_1 \right)$$

Karena aliran bersifat *viscous*, terlihat pada gambar bahwa kecepatan aliran pada penampang 1 dan 2 tidak *uniform*. Untuk menyelesaikannya, digunakan kecepatan rata-rata ke dalam persamaan energi. Untuk mengeliminasi tanda integral digunakan koefisien energi kinetik ( $\alpha$ ).

$$\dot{Q} - \dot{W}_{shaft} = \dot{m} \cdot (u_2 - u_1) + \dot{m} \left( \frac{P_2}{\rho} - \frac{P_1}{\rho} \right) + \dot{m} \cdot g \cdot (z_2 - z_1) + \dot{m} \left( \alpha_2 \frac{\overline{V_2^2}}{2} - \alpha_1 \frac{\overline{V_1^2}}{2} \right) \quad (2.8)$$

Selanjutnya persamaan 2.8 Menjadi :

$$\dot{Q} - \frac{\dot{W}}{\dot{m} \cdot g} = \left( \frac{P_2}{\rho} + \alpha_2 \frac{\overline{V_2^2}}{2} + g \cdot z_2 \right) - \left( \frac{P_1}{\rho} + \alpha_1 \frac{\overline{V_1^2}}{2} + g \cdot z_1 \right) = (u_2 - u_1) - \frac{\partial Q}{\partial m} \quad (2.9)$$

Dimana :

$$(u_2 - u_1) - \frac{\partial Q}{\partial m} = \text{kerugian energi dalam karena energi}$$

panas yang timbul disebabkan oleh gesekan *fluida* cair dengan dinding saluran ( $H_{loss}$ ).

Bila persamaan 2.9 dikalikan dengan  $\frac{1}{g}$  maka persamaan menjadi :

$$\left( \frac{P_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{\overline{V_2^2}}{2 \cdot g} + z_2 \right) - \left( \frac{P_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{\overline{V_1^2}}{2 \cdot g} + z_1 \right) = Head \quad (2.10)$$

Dengan asumsi aliran *uniform* pada tiap penampang, maka :

$$\alpha_2 = \alpha_1 = 0$$

Sehingga persamaan menjadi,

$$Head = \left( \frac{P_2 - P_1}{\gamma} \right) + \left( \frac{\bar{V}_2^2 - \bar{V}_1^2}{2 \cdot g} \right) + (z_2 - z_1) \quad (2.11)$$

Untuk laluan yang aktual, tinggi - tekan tidak selalu bernilai konstan. Hal ini dikarenakan oleh rugi-rugi *turbulensi* yang dapat ditulis sebagai berikut :

$$Head = \left( \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\bar{V}_1^2}{2 \cdot g} + z_1 \right) = \left( \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\bar{V}_2^2}{2 \cdot g} + z_2 \right) + \sum H_{LT} \quad (2.12)$$

Dimana :

$P_1$  = tekanan pada kondisi awal (*suction*)

$P_2$  = tekanan pada kondisi akhir (*discharge*)

$\bar{V}_1$  = kecepatan pada kondisi awal (*suction*)

$\bar{V}_2$  = kecepatan pada kondisi akhir (*discharge*)

$\sum H_{LT}$  = jumlah *Head loss total*

Energi total yang diberi tanda H sama dengan ketinggian tinggi tekan , atau :

$$\left( \frac{P}{\gamma} + \frac{\bar{V}^2}{2 \cdot g} + z \right) = H$$

Karena energi tidak dapat muncul atau hilang begitu saja, H adalah konstan (dengan mengabaikan rugi-rugi). Persamaan ini disebut dengan persamaan *Bernoulli*.

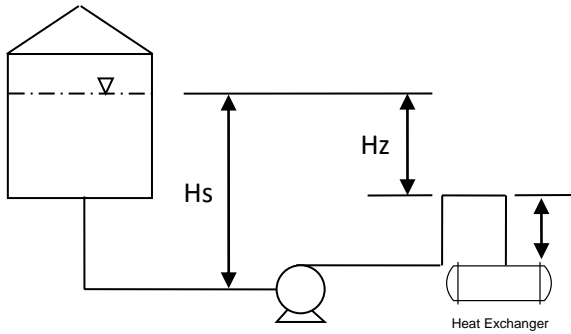
## 2.8 Head Effektiv Instalasi Pompa

Merupakan besarnya *head* yang harus diatasi oleh pompa dari seluruh komponen yang ada, diantaranya adalah karena perbedaan tekanan, perbedaan kecepatan, perbedaan kerugian

(kerugian mekanis, volumetris, dinamis dan kerugian listrik).  
 Persamaan *head* instalasi sebagai berikut :

$$H_{eff} = \sum H_{st} + \sum H_{din}$$

$$H_{eff} = \left( \left( \frac{P_2 - P_1}{\gamma} \right) + (H_d - H_s) \right) + \left( \left( \frac{\bar{V}_d^2 - \bar{V}_s^2}{2.g} \right) + \sum H_{LT} \right) \quad (2.13)$$



**Gambar 2.11** Head efektif instalasi

### 2.8.1 Head Statis

Adalah perbedaan tinggi permukaan fluida pada bagian hisap dengan bagian tekan. *Head statis* tidak dipengaruhi oleh debit, hanya pada perbedaan tekanan dan ketinggian.

$$\sum H_{st} = \left( \frac{P_2 - P_1}{\gamma} \right) + (H_d - H_s) \quad (2.14)$$

Dimana :

$H_{st}$  = Head Statis total (m)

$P_1$  = tekanan pada kondisi *suction* (Pa)

$P_2$  = tekanan pada kondisi *discharge* (Pa)

$$\gamma = \text{berat jenis fluida} \left( \frac{N}{m^3} \right)$$

$H_d$  = jarak / ketinggian sisi *discharge* (m)

$H_s$  = jarak / ketinggian sisi *suction* (m)

➤ *Head statis* terdiri dari :

### 1. **Head tekanan (Pressure Head)**

Merupakan energi yang terdapat di dalam *fluida* akibat perbedaan tekanan antara *discharge reservoir* dan *suction reservoir*.

$$H_p = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} \quad (2.15)$$

Dimana :

$H_p$  = *Head statis* total (m)

$P_1$  = tekanan pada kondisi *suction* (Pa)

$P_2$  = tekanan pada kondisi *discharge* (Pa)

$$\gamma = \text{berat jenis fluida} \left( \frac{N}{m^3} \right)$$

### 2. **Head ketinggian (Elevation Head)**

Merupakan perbedaan ketinggian dari permukaan *fluida* pada sisi *discharge reservoir* dan *suction reservoir* dengan acuan garis sumbu tengah pompa.

$$H_z = H_d - H_s \quad (2.16)$$

Dimana :

$H_z$  = *Head elevasi* (m)

$H_d$  = jarak / ketinggian sisi *discharge* (m)

$H_s$  = jarak / ketinggian sisi *suction* (m)

### 2.8.2 *Head Dinamis*

*Head* dinamis adalah *head* yang terdiri dari *velocity head* dan *head loss*. Untuk penjelasannya dapat dilihat pada persamaan di bawah ini :

$$\sum H_{din} = \left( \frac{\bar{V}_d^2 - \bar{V}_s^2}{2 \cdot g} \right) + \sum H_{LT} \quad (2.17)$$

Dimana :

$$\sum H_{din} = \text{Head dinamis (m)}$$

$$\sum H_{LT} = \text{kerugian tinggi tekan (m)}$$

$$\bar{V}_d = \text{kecepatan aliran discharge (m/s)}$$

$$\bar{V}_s = \text{kecepatan aliran suction (m/s)}$$

$$g = \text{percepatan gravitasi (9,81 m/s}^2\text{)}$$

Head dinamis terdiri dari :

#### 1) *Velocity Head*

Adalah *head* yang disebabkan karena adanya perbedaan kecepatan yang keluar dari *suction reservoir* dan masuk ke dalam *discharge reservoir*. *Velocity head* ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$H_v = \frac{\bar{V}_d^2 - \bar{V}_s^2}{2 \cdot g} \quad (2.18)$$

Dimana :

$$\bar{V}_d = \text{kecepatan aliran discharge (m/s)}$$

$$\bar{V}_s = \text{kecepatan aliran suction (m/s)}$$

$$g = \text{percepatan gravitasi (9,81 m/s}^2\text{)}$$

## 2) **Total Kerugian Tinggi-Tekan (*Head Loss Total*)**

*Head Loss Total* (total kerugian tinggi tekan) merupakan jumlah suatu kerugian yang dialami aliran *fluida* selama bersirkulasi dimana kerugian itu tergantung pada geometri penampang saluran dan parameter-parameter *fluida* serta aliran itu sendiri. Kerugian tinggi tekan (*Head loss*) dapat dibedakan atas, kerugian dalam pipa (*major losses*) dan kerugian pada perubahan geometri (*minor losses*). Untuk persamaan total kerugian tinggi tekan adalah :

$$\sum H_{LT} = H_l + \sum H_{lm}$$

$$\sum H_{LT} = \left( f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \right) + \left( K \cdot \frac{V^2}{2g} \right)$$

## 2.9 **Head Efektif Total Pompa**

Total Ketinggian efektif (*Heff*) dari pompa adalah sama dengan kenaikan energi *fluida* antara bagian inlet dan bagian outlet pompa per unit berat cairan yang dipompa. Kenaikan energi ini diperoleh dari komponen berikut

- Kenaikan energi tekan ( *pressure Head* )

$$H_p = \frac{P_d - P_s}{\gamma}$$

- Kenaikan *Head* gemetris di dalam pompa ( *Hg* )

- Kenaikan energi kinetis ( *Velocity Head* )

$$H_v = \frac{\bar{V}_d^2 - \bar{V}_s^2}{2 \cdot g}$$

Sehingga di dapatkan nilai Head Efektif pompa

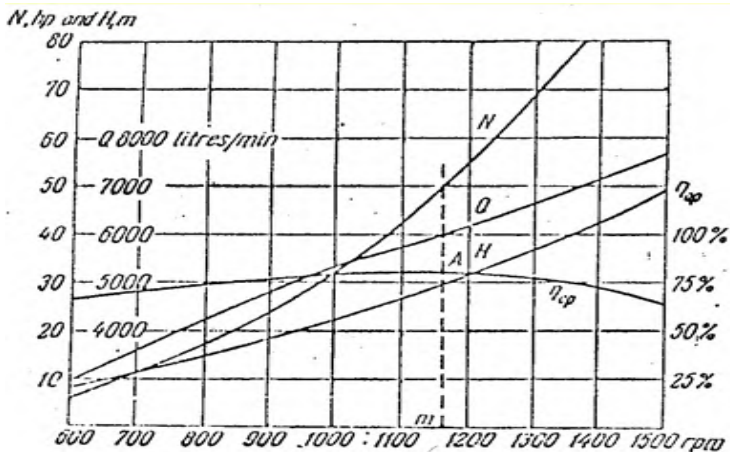
$$H_{pump} = \frac{P_d - P_s}{\gamma} + H_g + \frac{\bar{V}_d^2 - \bar{V}_s^2}{2g} \quad (2.19)$$

## 2.10 Kurva Karakteristik Pompa

Karakteristik pompa adalah kurva yang menghubungkan suatu performa dengan performa yang lainnya saat beroperasi. Performa pompa yaitu *head* ( $H$ ), kapasitas ( $Q$ ), daya pompa dan efisiensi ( $\eta$ ). Secara umum karakteristik pompa sentrifugal terbagi menjadi 3, yaitu :

### 2.10.1 Karakteristik Utama

Adalah kurva karakteristik yang menunjukkan hubungan *head* dan kapasitas dengan perubahan putaran-putaran pompa yang dapat menyebabkan perubahan kecepatan *impeller*. Di bawah ini adalah grafik karakteristik utama :



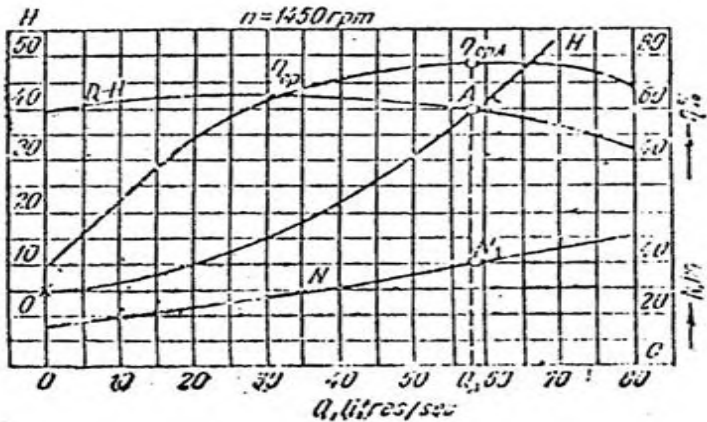
**Gambar 2.12** Karakteristik Utama

(Sumber : Sularso Tahara Haruo, *Pompa dan Kompresor Pemilihan Pemakaian dan Pemeliharaan*, Cetakan pertama)

### 2.10.2 Karakteristik Kerja

Adalah kurva karakteristik yang diplot berdasarkan kecepatan *impeller* (putaran pompa) yang konstan. Kurva ini divariasikan harga kapasitasnya dengan

membuka/menutup valve-valve yang ada agar bisa mendapatkan titik kerja yang optimal dengan kurva kapasitas (Q) fungsi head.



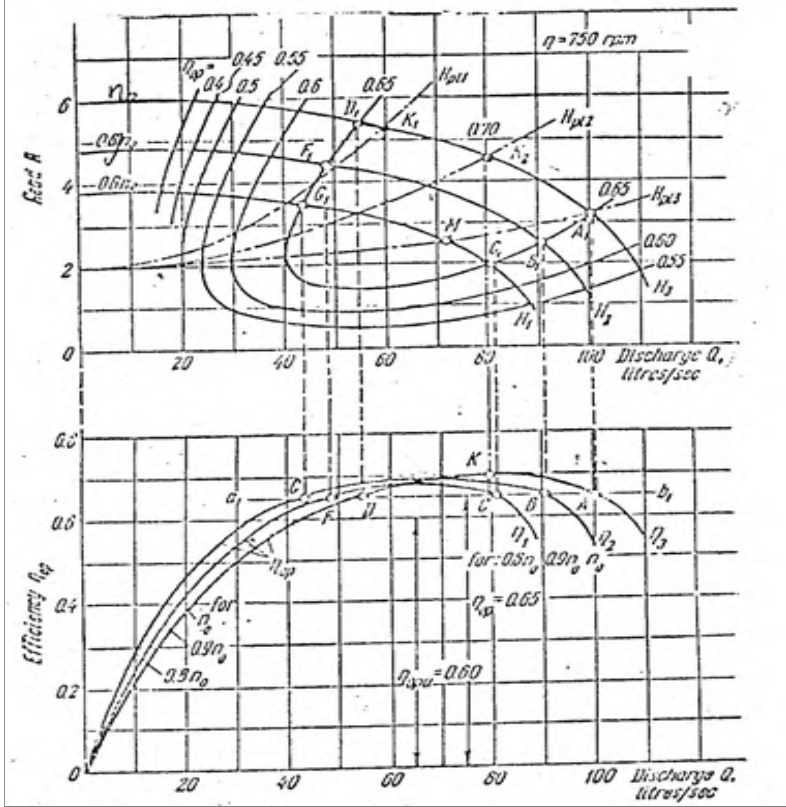
**Gambar 2.13** Karakteristik Kerja

(Sumber : Sularso Tahara Haruo, *Pompa dan Kompresor Pemilihan Pemakaian dan Pemeliharaan*, Cetakan pertama)

### 2.10.3 Karakteristik Universal

Adalah kurva yang merupakan gabungan dari karakteristik utama dan karakteristik kerja. Kurva ini digunakan untuk menentukan parameter-parameter pompa untuk berbagai kondisi operasi.



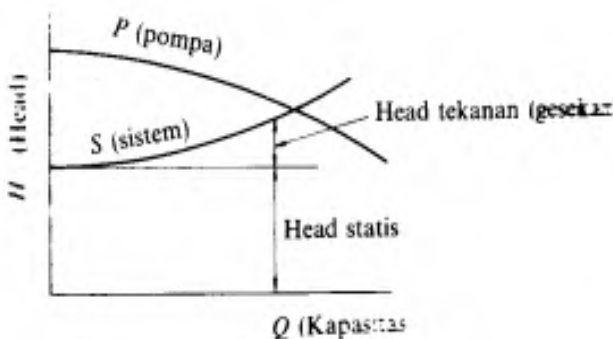


**Gambar 2.14** Karakteristik Universal

(Sumber : Sularso Tahara Haruo, *Pompa dan Kompresor Pemilihan Pemakaian dan Pemeliharaan*, Cetakan pertama

### 2.10.4 Titik Operasi Pompa

Titik operasi pompa adalah titik dimana menunjukkan kapasitas aliran pada *head* tertentu yang bekerja dengan performa yang baik. Titik operasi pompa ini ditentukan oleh perpotongan kurva sistem dengan kurva pompa yang ditunjukkan seperti pada gambar 2.25



**Gambar 2.15** Titik operasi pompa

(Sumber : Sularso Tahara Haruo, *Pompa dan Kompresor Pemilihan Pemakaian dan Pemeliharaan*, Cetakan pertama)

Titik operasional pompa harus sedapat mungkin dijaga agar selalu berada pada area efisiensi pompa tertinggi. Terutama bila pengoperasian pompa digunakan pada sistem yang memerlukan variasi *head* dan besar aliran fluida yang akan menggeser kurva sistem.

## 2.11 Daya Penggerak

### 2.12.1 Daya Pompa / Daya Fluida (WHP)

Daya fluida adalah energi yang diterima oleh fluida dari pompa dengan menghasilkan perubahan energi tekanan dan nantinya akan dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$WHP = \gamma \times Q_{act} \times H$$

Dimana :

WHP = Daya Pompa (watt)

$\gamma$  = Berat spesifik fluida ( $\text{N/m}^3$ )

$Q_{act}$  = Kapasitas Aktual Pompa ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

H = *Head* pompa (m)

### 2.12.2 Daya Poros ( $N_{shaft}$ )

Daya poros adalah daya yang diperlukan untuk menggerakkan sebuah pompa. Hal ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$N_{shaft} = \frac{WHP}{\eta_p}$$

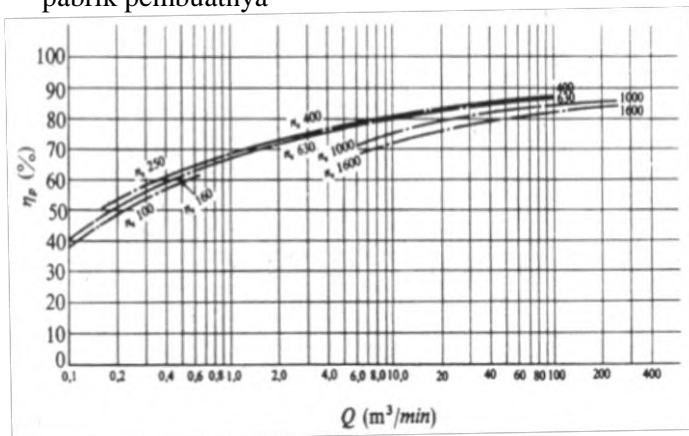
Dimana :

$N_{shaft}$  = Daya Poros (Watt)

WHP = Daya Pompa / Daya Air (Watt)

$\eta_p$  = Efisiensi Pompa (desimal)

Harga-harga standar efisiensi pompa ( $\eta_p$ ) diberikan dalam gambar di bawah ini. Efisiensi pompa untuk pompa-pompa jenis khusus harus diperoleh dari pabrik pembuatnya



**Gambar 2.16** Efisiensi Standar Pompa

(Sumber : Sularso Tahara Haruo, *Pompa dan Kompresor Pemilihan Pemakaian dan Pemeliharaan*)

### 2.12.3 Daya Motor

Daya motor adalah daya yang dihasilkan oleh penggerak mula (motor) yang digerakkan dengan daya listrik. Dimana daya listrik sebesar  $P = V I$ , maka daya yang dihasilkan oleh motor harus lebih kecil dari daya listriknya dengan adanya faktor  $\cos \varphi$ . Besarnya daya motor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$P = V \times I \times \cos \theta$$

Dimana :

- P = Daya Motor (Watt)
- V = Tegangan Listrik (Volt)
- I = Kuat Arus (Ampere)
- $\cos \theta$  = Faktor daya (0,8)

## **BAB III METODOLOGI**

Pada bab ini dijelaskan mengenai data-data yang diperoleh serta persiapan-persiapan yang harus dilakukan dalam penyusunan tugas akhir ini. Data tugas akhir ini diperoleh melalui pengujian langsung antara kedua pompa yaitu pompa standar dan pompa hasil modifikasi di kecamatan Rejotangan, Tulungagung.

### **3.1 Persiapan Awal**

Adapun persiapan yang dilakukan sebelum mulai pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut

- a. Penentuan tema awal Tugas Akhir mengenai “Perbandingan pompa SHIMIZU PS-116 BIT standar dan modifikasi dengan daya motor yang sama menggunakan pengujian instalasi”
- b. Pengajuan tema dan permohonan persetujuan kepada Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
- c. Melakukan pengambilan data untuk perhitungan unjuk kerja pompa sesuai prosedur

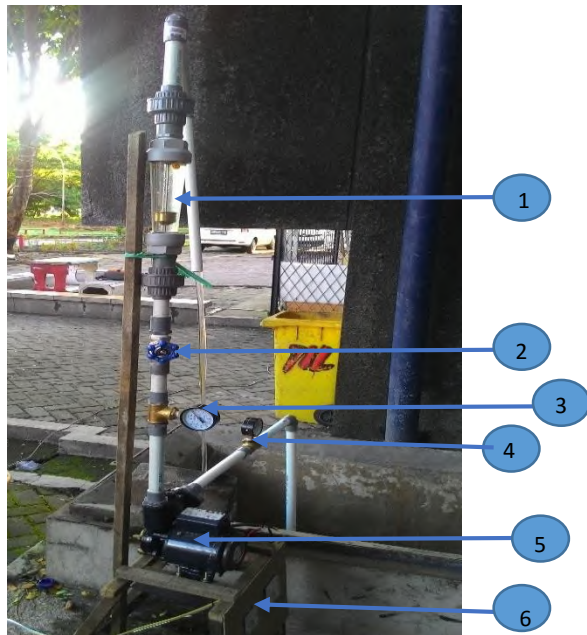
### **3.2 Pengambilan Data**

Percobaan yang dilakukan berdasarkan pada data-data yang diperlukan dalam perhitungan instalasi. Kegiatan pengambilan data tersebut meliputi:

- a. Metode literatur  
Dalam studi literatur ini dipelajari berbagai buku yang menjadi referensi dalam pengukuran serta perhitungan untuk membandingkan kedua pompa baik dari literatur mata kuliah yang telah diterima maupun dari sumber lain yang berhubungan dengan tugas akhir ini.
- b. Metode Pengamatan  
Kegiatan ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi riil instalasi serta jenis peralatan yang dipergunakan. Dengan

prosedur yang telah ditetapkan sebelumnya sehingga data yang diperlukan dalam pengujian unjuk kerja untuk kedua pompa terpenuhi dan menghasilkan data perbandingan yang riil .

### 3.2.1 Spesifikasi Instalasi Pengujian Pompa



**Gambar 3.1** Instalasi Pengujian Pompa

Keterangan :

1. *RotaMeter*
2. *Gate valve*
3. *Discharge Manometer*
4. *Suction Manometer*
5. *Pompa*
6. *Panel Arus dan Tegangan*

### 3.2.2 Bagian Instalasi Pengujian Pompa

Adapun komponen-komponen yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

1. Pompa yang diuji



**Gambar 3.2** Pompa SHIMIZU PS-116BIT Standar



**Gambar 3.3** Bentuk *Impeller* pompa standar



**Gambar 3.4** Pompa SHIMIZU PS-116BIT modifikasi



**Gambar 3.5** Bentuk *Impeller* pompa modifikasi

## 2. Panel Arus dan Tegangan

Panel ini digunakan untuk mengukur tegangan dan Arus pada tiap titik pengujian





**Gambar 3.6** *Ampere meter*



**Gambar 3.7** *VoltMeter*

### 3. Manometer

Terdapat 2 buah manometer pada instalasi pengujian yang terpasang pada bagian suction dan discharge

#### a. *Manometer Discharge*

Manometer ini mengukur tegangan pada sisi discharge dengan nolai tegangan positif



**Gambar 3.8** Manometer Discharge

#### b. *Manometer Suction*

Manometer ini mengukur tekanan vakum pada sisi suction yang bernilai negative



**Gambar 3.9** Manometer Suction

#### 4. *Gate valve*

Gate valve digunakan untuk melakukan variasi aliran (throttling) dengan 5 variasi aliran



**Gambar 3.10** Gate valve

#### 5. *Rotameter*

Alat ukur debit aliran air yang dihasilkan pompa saat proses throttling



**Gambar 3.11** Rota Meter

### 6. *Reservoir*

Pada *reservoir* terdapat pipa suction yang dilengkapi dengan foot valve sebagai katup searah dan strainer untuk menjaga agar aliran air yang masuk terhindar dari kotoran maupun benda asing.



**Gambar 3.12** Reservoir

### 3.3 Prosedur Pengujian

Pada pengujian dengan instalasi baik untuk pompa standar dan modifikasi dilakukan sebanyak 5 variasi mulai dari *fully open* hingga *fully close*. Terdapat 2 rangkaian percobaan masing masing untuk pompa standard gan modifikasi dengan prosedur sebagai berikut:

1. Melakukan pemasangan instalasi seperti pada ilustrasi sebelumnya dan memastikan tidak ada kebocoran pada tiap *fitting-nya* .

2. Melakukan *priming* ( mengisi air mulai dari saluran *suction* hingga bagian *volute chamber*)
3. Memastikan *gate valve* pada saluran *discharge* pada kondisi tertutup.
4. Menghubungkan pompa yang diuji pada kontak listrik dan tunggu hingga putaran pompa stabil.
5. Membuka penuh *gate valve* hingga didapat nilai kapasitas maksimum pada *rotameter*.
6. Mengambil data pengujian yang meliputi tekanan *discharge* ( $P_d$ ) dari *manometer discharge*, tekanan *suction* ( $P_s$ ) dari *manometer suction*, kapasitas ( Q) dari *rotameter* nilai tegangan dan kuat arus, serta mengukur jarak antara *manometer discharge* dan *manometer suction*.
7. Mengulangi langkah nomor 6 dengan memvariasi *gate valve* pada 5 tingkat kapasitas yang berbeda hingga pada kondisi *fully close*. Pada setiap tingkat variasi dilakukan pencatatan nilai  $P_d$ ,  $P_s$ , tegangan (V), arus (i) dan nilai kapasitas yang terbaca pada *rotameter*.
8. Setelah pengambilan data selesai dan *gate valve* pada posisi *fully close*, maka selanjutnya pompa dimatikan dengan memutus kontak listrik.
9. Membersihkan dan merapikan pompa serta instalasi seperti semula.

### 3.4 Data Hasil Pengujian

Berikut ini merupakan data yang diperoleh dari pengujian pada instalasi di lapangan. Adapun data-data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

#### a. Data Fluida

- Jenis Fluida : air
- Temperatur masuk pompa :  $30^{\circ}C$
- Gravitasi (g) :  $9,81 \frac{m}{s^2}$

**b. Data Pengujian Pompa**

Dari hasil pengujian terhadap pompa SHIMIZU PS-116 BIT kondisi standard an modifikasi didapatkan data sebagai berikut:

**Tabel 3.1** Data hasil pengujian pompa standar

| No. | Q                   | Ps     | Pd                    | Hg    | V      | I        |
|-----|---------------------|--------|-----------------------|-------|--------|----------|
|     | (m <sup>3</sup> /h) | (cmHg) | (Kg/cm <sup>2</sup> ) | (m)   | (volt) | (ampere) |
| 1   | 1.4                 | -20    | 0.2                   | 0.265 | 220    | 1.47     |
| 2   | 1.05                | -17    | 0.9                   | 0.265 | 220    | 1.4      |
| 3   | 0.7                 | -15    | 1.55                  | 0.265 | 220    | 1.3      |
| 4   | 0.35                | -12    | 1.8                   | 0.265 | 220    | 1.2      |
| 5   | 0                   | -1     | 2                     | 0.265 | 220    | 1.03     |

**Tabel 3.2** Data hasil pengujian pompa modifikasi

| No. | Q                   | Ps     | Pd    | Hg    | V      | I        |
|-----|---------------------|--------|-------|-------|--------|----------|
|     | (m <sup>3</sup> /h) | (cmHg) | (psi) | (m)   | (volt) | (ampere) |
| 1   | 3.2                 | -29    | 2.28  | 0.445 | 220    | 1.52     |
| 2   | 2.4                 | -22    | 5.2   | 0.445 | 220    | 1.44     |
| 3   | 1.6                 | -13    | 7.8   | 0.445 | 220    | 1.32     |
| 4   | 0.8                 | -9     | 10.4  | 0.445 | 220    | 1.21     |
| 5   | 0                   | -1     | 13    | 0.445 | 220    | 1.1      |

**c. Data Pipa**

- Pipa Suction  
Nominal Pipe Size (NPS) : 19,05mm  
Jenis Material : PVC
- Pipa Discharge  
Nominal Pipe Size (NPS) : 19,05mm  
Jenis Material : PVC

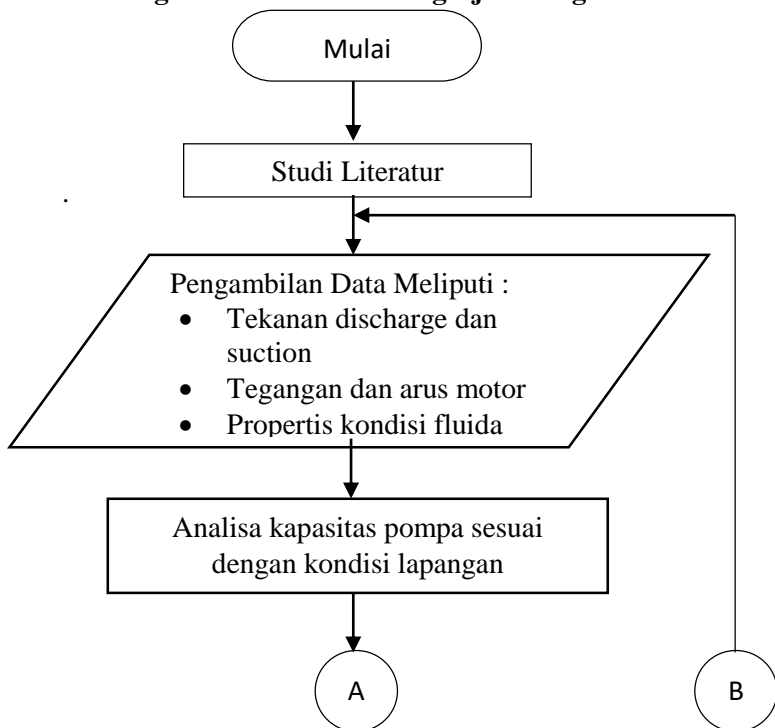
### 3.5 Perhitungan

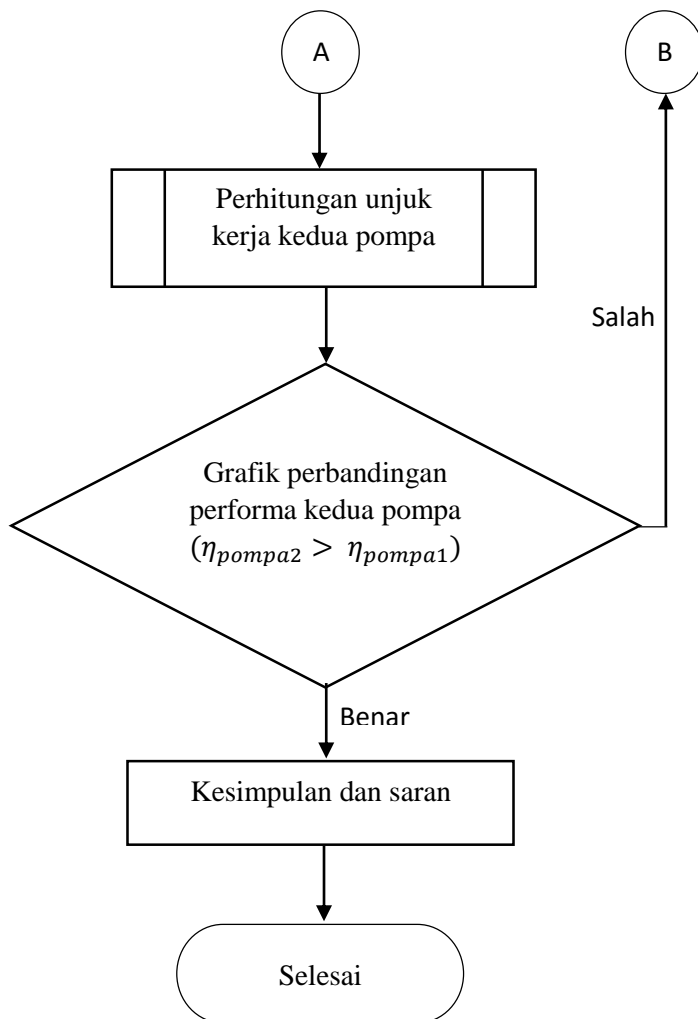
Dalam menyelesaikan pengerjaan laporan tugas akhir ini, dilakukan perhitungan-perhitungan yang berkaitan dengan unjuk kerja pompa, diantaranya Head efektif, kapasitas, Daya dan efisiensi pompa dengan menggunakan metode perhitungan instalasi dari data yang diperoleh melalui pengujian dan pengukuran kedua pompa. Perhitungan pada tugas akhir ini dilakukan hanya dengan perhitungan manual.

### 3.6 Diagram Alir

Adapun langkah langkah dalam penulisan tugas akhir ini, tertera pada diagram alir berikut .

#### a. Diagram Alir Urutan Pengerjaan Tugas Akhir

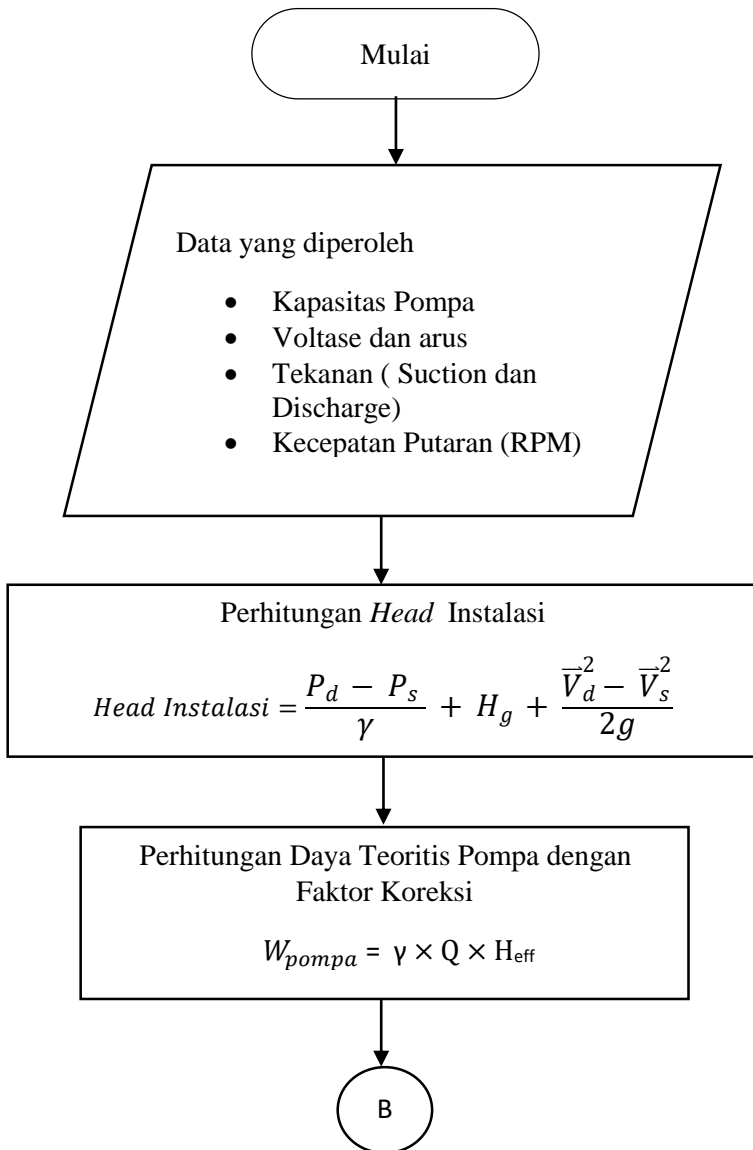


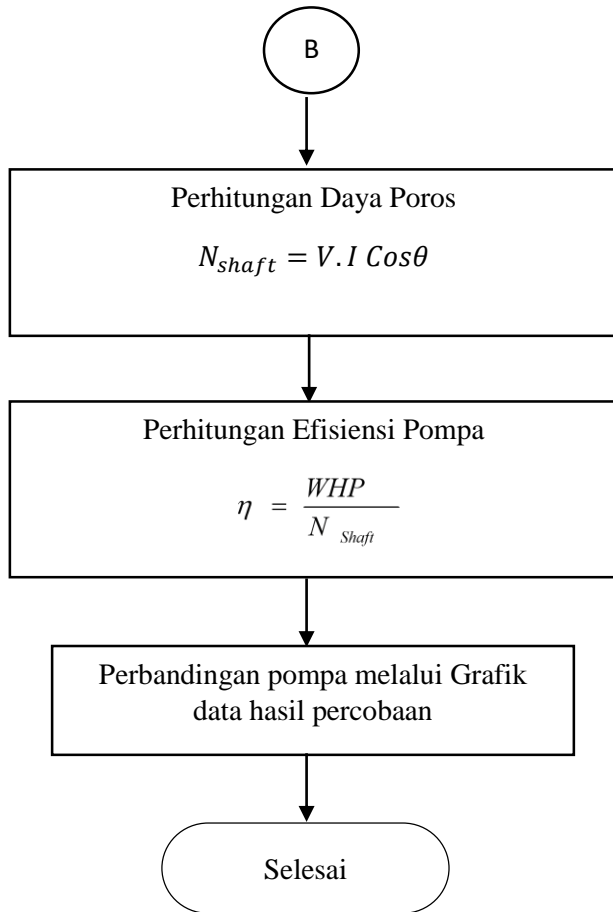


**Gambar 3.13** Diagram alir urutan pengerjaan tugas akhir



## b. Diagram Alir Perhitungan Unjuk Kerja Pompa





**Gambar 3.14** Diagram alir Perhitungan Unjuk Kerja Pompa

## BAB IV PERHITUNGAN

Pada bab ini dijabarkan perhitungan dari hasil pengambilan data instalasi dalam pembahasan mengenai perbandingan unjuk kerja pompa SHIMIZU PS-116 BIT standar dengan yang telah dimodifikasi.

### 4.1 Pengujian Unjuk Kerja Pompa SHIMIZU PS-116 BIT Standart

Sebelum pengujian instalasi untuk hasil unjuk kerja aktual pompa, telah dilakukan perhitungan dengan menggunakan segitiga kecepatan. Dari perhitungan tersebut didapatkan nilai unjuk kerja pompa secara teoritis berdasarkan bentuk *impeller*. Pada pembahasan ini hanya dijabarkan perhitungan berdasarkan data pengukuran yang didapat melalui pengujian pompa dalam instalasi.

#### 4.1.1 Data Hasil Percobaan

Percobaan dilakukan dengan metode *throttling* mulai dari percobaan pertama ( *Fully open* ) hingga percobaan kelima ( *Fully Close* ) dengan hasil sebagai berikut :

**Tabel 4.1** Data Hasil Percobaan Pompa Standar

| No. | Q                   | Ps     | Pd                    | Hg    | V      | I        |
|-----|---------------------|--------|-----------------------|-------|--------|----------|
|     | (m <sup>3</sup> /h) | (cmHg) | (Kg/cm <sup>2</sup> ) | (m)   | (volt) | (ampere) |
| 1   | 1.4                 | -20    | 0.2                   | 0.265 | 220    | 1.47     |
| 2   | 1.05                | -17    | 0.9                   | 0.265 | 220    | 1.4      |
| 3   | 0.7                 | -15    | 1.55                  | 0.265 | 220    | 1.3      |
| 4   | 0.35                | -12    | 1.8                   | 0.265 | 220    | 1.2      |
| 5   | 0                   | -1     | 2                     | 0.265 | 220    | 1.03     |

#### 4.1.2 Contoh Perhitungan Unjuk Kerja

Dari data percobaan instalasi dilakukan perhitungan untuk unjuk kerja pompa dengan mengambil contoh pada percobaan pertama dengan kondisi *fully open* sebagai berikut:

##### 1. Perhitungan Head

Dari persamaan Head Pompa

$$H_{pump} = \frac{P_d - P_s}{\gamma} + H_g + \frac{\vec{V}_d^2 - \vec{V}_s^2}{2g}$$

Dengan asumsi sebagai berikut

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$$

$$\rho \vec{V}_s A_s = \rho \vec{V}_d A_d$$

$$\vec{V}_s = \vec{V}_d$$

$$\text{Temperatur air} = 30^0 \text{C}, \rho = 995,7 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

Sehingga didapatkan

$$H_{pump} = \frac{P_d - P_s}{\gamma} + H_g$$

$$P_s = -20 \text{ cmHg} \times \frac{101325 \text{ Pa}}{76 \text{ cmHg}}$$

$$P_s = -26664,474 \text{ Pa}$$

$$P_d = 0,2 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \times \left| \frac{10000 \text{ cm}^2}{\text{m}^2} \right| \times \left| 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right|$$

$$P_d = 19620 \text{ Pa}$$

$$H_{pump} = \frac{(19620 - (-26664,474)) \frac{N}{m^2}}{995,7 \frac{kg}{m^3} \times 9,81 \frac{m}{s^2}} + 0,265 m$$

$$H_{pump} = 5,0035 m$$

2. Kapasitas pompa

Dari hasil pengukuran dengan *rotameter* didapatkan nilai kapasitas sebesar  $1,4 \frac{m^3}{hr}$ , maka

$$Q = 1,4 \frac{m^3}{hr} \times \left| \frac{10000 l}{m^3} \right| \times \left| \frac{1 hr}{60 min} \right|$$

$$Q = 23,333 \frac{L}{min}$$

3. *Water Horse Power* ( WHP pompa)

Nilai WHP didapatkan dari persamaan berikut

$$WHP = \gamma \times Q \times H_{pump}$$

$$WHP = 995,7 \frac{kg}{m^3} \times 9,81 \frac{m}{s^2} \times 23,333 \frac{L}{min} \times 5,0035 m$$

$$WHP = 19,012 watt$$

4. Daya Poros ( Nshaft )

$$N_{shaft} = V \times I \times \cos \theta$$

Nilai dari  $\cos \theta$  diambil 0,8, maka

$$N_{shaft} = 220 V \times 1,47 A \times 0,8$$

$$N_{shaft} = 258,72 \text{ watt}$$

#### 5. Efisiensi pompa

Nilai efisiensi merupakan perbandingan antara daya output dan input, sehingga didapat

$$\eta = \frac{WHP}{N_{shaft}} \times 100 \%$$

$$\eta = \frac{19,012 \text{ watt}}{258,72 \text{ watt}} \times 100 \%$$

$$\eta = 7,348 \%$$

#### 4.1.3 Hasil Perhitungan Unjuk Kerja

Dengan mengulang langkah perhitungan yang sama pada percobaan ke 2 hingga ke 5, diperoleh hasil sebagai berikut

**Tabel 4.2** Data Hasil Perhitungan Unjuk Kerja Pompa Standar

| Pd-Ps               | Heff   | Nshaft | WHP    | $\eta$ | Q         |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| (N/m <sup>2</sup> ) | (m)    | (watt) | (watt) | (%)    | (Lit/min) |
| 46284.473           | 5.0035 | 258.72 | 19.006 | 7.346  | 23.333    |
| 110954.802          | 11.624 | 246.4  | 33.117 | 13.440 | 17.5      |
| 172053.355          | 17.879 | 228.8  | 33.958 | 14.842 | 11.667    |
| 192578.684          | 19.980 | 211.2  | 18.975 | 8.984  | 5.833     |
| 197533.223          | 20.487 | 181.28 | 0      | 0      | 0         |

## 4.2 Pengujian Unjuk Kerja Pompa SHIMIZU PS-116 BIT Modifikasi

Sama seperti pada pompa standar, pada pompa modifikasi ini sebelumnya juga diperhitungkan dengan segitiga kecepatan dengan design impeller backward dan  $\beta_2 = 28^\circ$ . tujuan modifikasi ini adalah untuk meningkatkan kapasitas pompa hingga 2 kali dari semula. Pengujian instalasi ini selain membandingkan hasil modifikasi juga untuk membandingkan perhitungan teoritis dengan hasil aktualnya.

### 4.2.1 Data Hasil Percobaan

Percobaan dilakukan dengan metode yang sama dengan pompa standart sejumlah 5 kali percobaan. Dari hasil pengukuran instalasi pada pompa modifikasi didapatkan hasil dengan data sebagai berikut :

**Tabel 4.3** Data Hasil Percobaan Pompa Modifikasi

| No. | Q                   | Ps     | Pd    | Hg    | V      | I        |
|-----|---------------------|--------|-------|-------|--------|----------|
|     | (m <sup>3</sup> /h) | (cmHg) | (psi) | (m)   | (volt) | (ampere) |
| 1   | 3.2                 | -29    | 2.28  | 0.445 | 220    | 1.52     |
| 2   | 2.4                 | -22    | 5.2   | 0.445 | 220    | 1.44     |
| 3   | 1.6                 | -13    | 7.8   | 0.445 | 220    | 1.32     |
| 4   | 0.8                 | -9     | 10.4  | 0.445 | 220    | 1.21     |
| 5   | 0                   | -1     | 13    | 0.445 | 220    | 1.1      |

### 4.2.2 Contoh Perhitungan Unjuk Kerja

Sama seperti contoh perhitungan pada pompa standart yaitu data diambil dari percobaan pertama dengan kondisi *fully open*. Hal ini bertujuan untuk menggunakan parameter yang sama dalam perbandingan kedua pompa.

1. Head pompa modifikasi

$$H_{pump} = \frac{P_d - P_s}{\gamma} + H_g + \frac{\vec{V}_d^2 - \vec{V}_s^2}{2g}$$

Dengan asumsi yang sama

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$$

$$\rho \vec{V}_s A_s = \rho \vec{V}_d A_d$$

$$\vec{V}_s = \vec{V}_d$$

$$\text{Temperatur air} = 30^0 \text{C}, \rho = 995,7 \text{ Kg}/\text{m}^3$$

$$H_{pump} = \frac{P_d - P_s}{\gamma} + H_g$$

$$P_s = -29 \text{ cmHg} \times \frac{101325 \text{ Pa}}{76 \text{ cmHg}}$$

$$P_s = -38663,487 \text{ Pa}$$

$$P_d = 2,28 \text{ psi} \times \left| \frac{6894,75672 \text{ Pa}}{\text{Psi}} \right|$$

$$P_d = 15720,046 \text{ Pa}$$

$$H_{pump} = \frac{(15720,046 - (-38663,487)) \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{995,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + 0,445 \text{ m}$$

$$H_{pump} = 6,0126 \text{ m}$$



2. Kapasitas pompa

Dari hasil pengukuran dengan *rotameter* didapatkan nilai kapasitas sebesar  $3,2 \frac{m^3}{hr}$ , maka

$$Q = 3,2 \frac{m^3}{hr} \times \left| \frac{10000 l}{m^3} \right| \times \left| \frac{1 hr}{60 min} \right|$$

$$Q = 53,333 \frac{L}{min}$$

3. *Water Horse Power* ( WHP pompa)

Nilai WHP didapatkan dari persamaan berikut

$$WHP = \gamma \times Q \times H_{pump}$$

$$WHP = 995,7 \frac{kg}{m^3} \times 9,81 \frac{m}{s^2} \times 53,333 \frac{L}{min} \times 6,0126 m$$

$$WHP = 52,270 watt$$

4. Daya Poros ( Nshaft )

$$N_{shaft} = V \times I \times \cos \theta$$

Nilai dari  $\cos \theta$  diambil 0,8, maka

$$N_{shaft} = 220 V \times 1,52 A \times 0,8$$

$$N_{shaft} = 267,52 watt$$

#### 5. Efisiensi pompa

Nilai efisiensi merupakan perbandingan antara daya output dan input, sehingga didapat

$$\eta = \frac{WHP}{N_{shaft}} \times 100 \%$$

$$\eta = \frac{52,270 \text{ watt}}{267,52 \text{ watt}} \times 100 \%$$

$\eta = 19,539 \%$  ( Jika dilihat dari nilai efisiensi, pompa modifikasi memiliki efisiensi yang lebih baik.)

#### 4.2.3 Hasil Perhitungan Unjuk Kerja

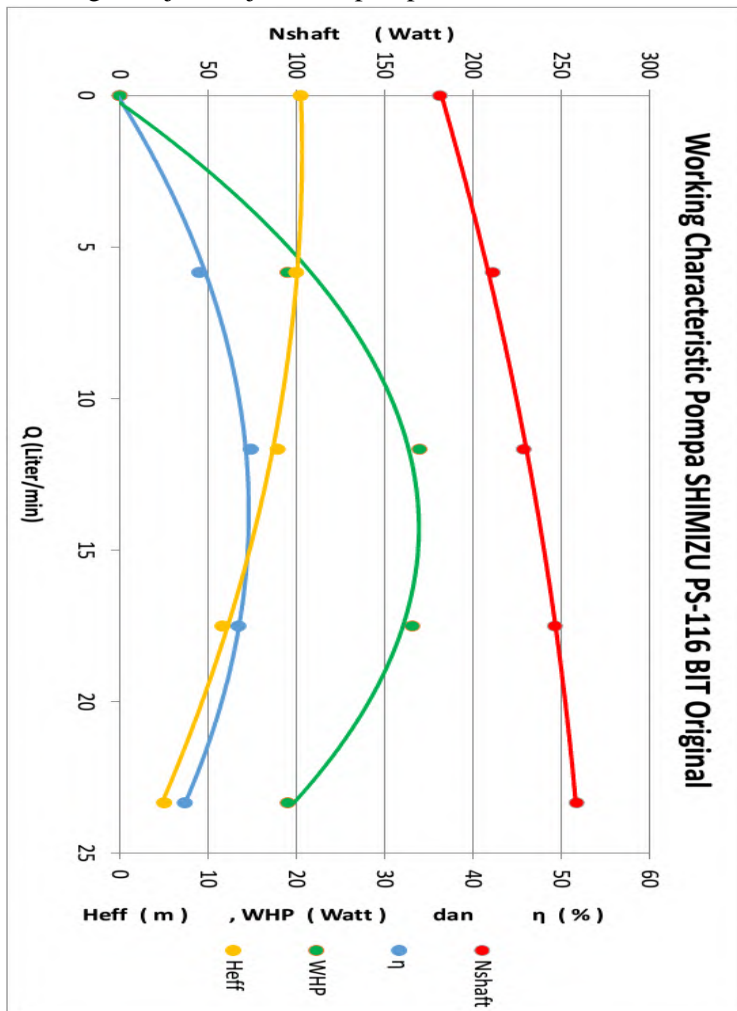
Dengan mengulang langkah perhitungan yang sama pada percobaan ke 2 hingga ke 5, diperoleh hasil sebagai berikut

**Tabel 4.4** Data Hasil Perhitungan Unjuk Kerja Pompa Modif

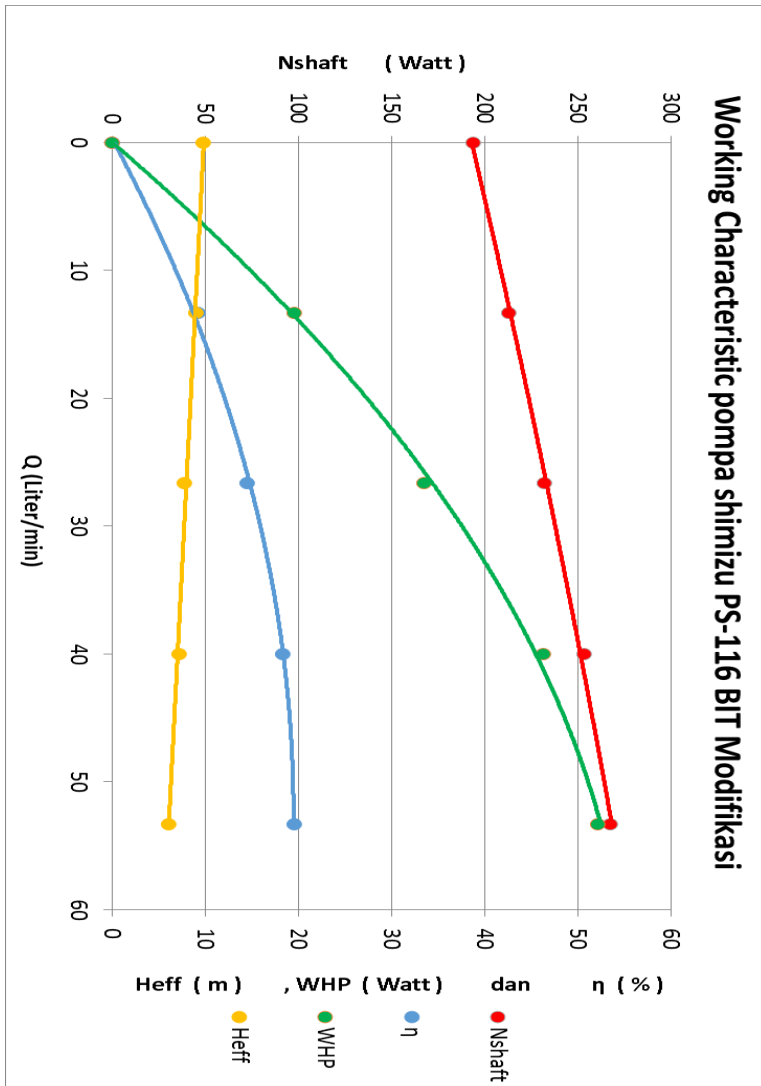
| Pd-Ps<br>(N/m <sup>2</sup> ) | Heff<br>(m) | Nshaft<br>(watt) | WHP<br>(watt) | $\eta$<br>(%) | Q<br>(Liter/min) |
|------------------------------|-------------|------------------|---------------|---------------|------------------|
| 54383.533                    | 6.013       | 267.52           | 52.205        | 19.514        | 53.333           |
| 65183.658                    | 7.118       | 253.44           | 46.354        | 18.289        | 40               |
| 71111.013                    | 7.725       | 232.32           | 33.537        | 14.436        | 26.667           |
| 83704.486                    | 9.014       | 212.96           | 19.567        | 9.188         | 13.333           |
| 90965.065                    | 9.756       | 193.6            | 0             | 0             | 0                |

### 4.3 Perbandingan Unjuk Kerja Pompa

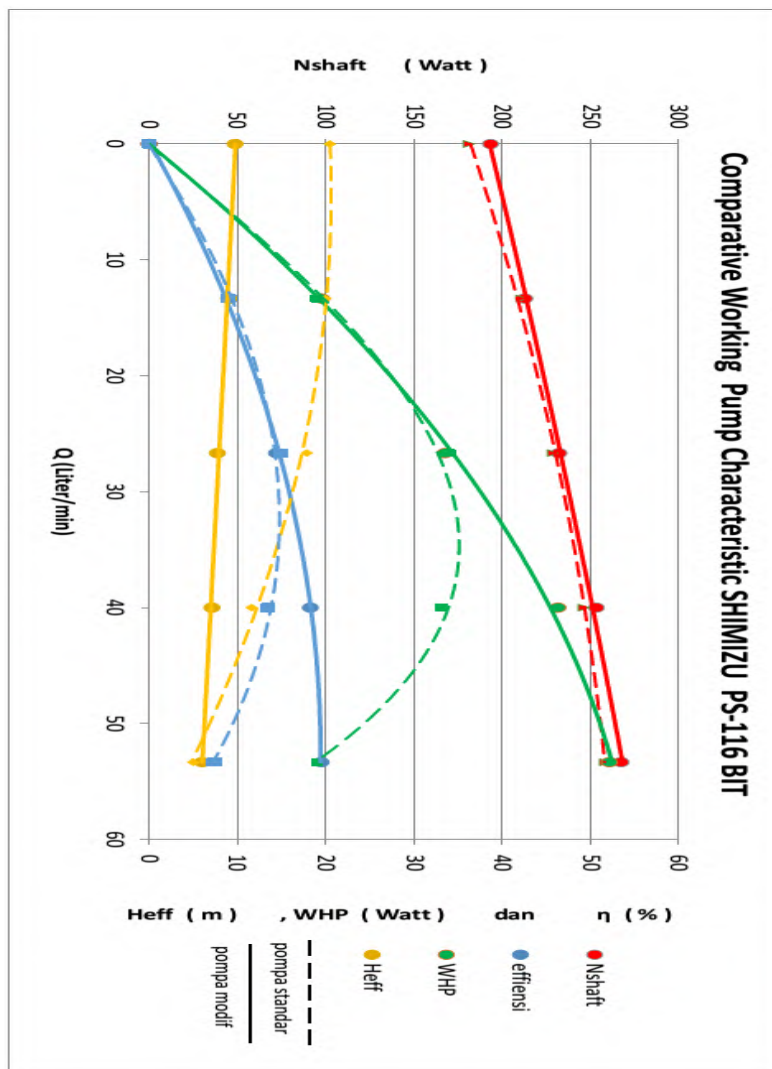
Perbandingan dilakukan secara grafis dari data hasil perhitungan unjuk kerja kedua pompa.



**Gambar 4.1** Grafik unjuk kerja pompa SHIMIZU PS-116 BIT standar

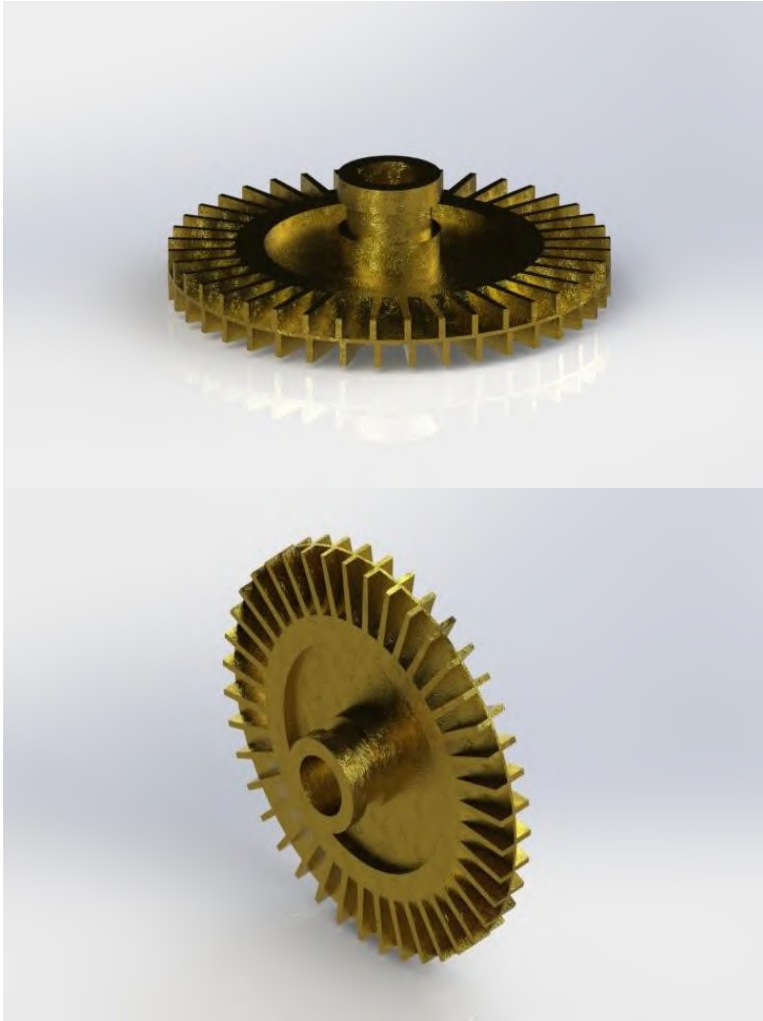


**Gambar 4.2** Grafik unjuk kerja pompa SHIMIZU PS-116 BIT modifikasi

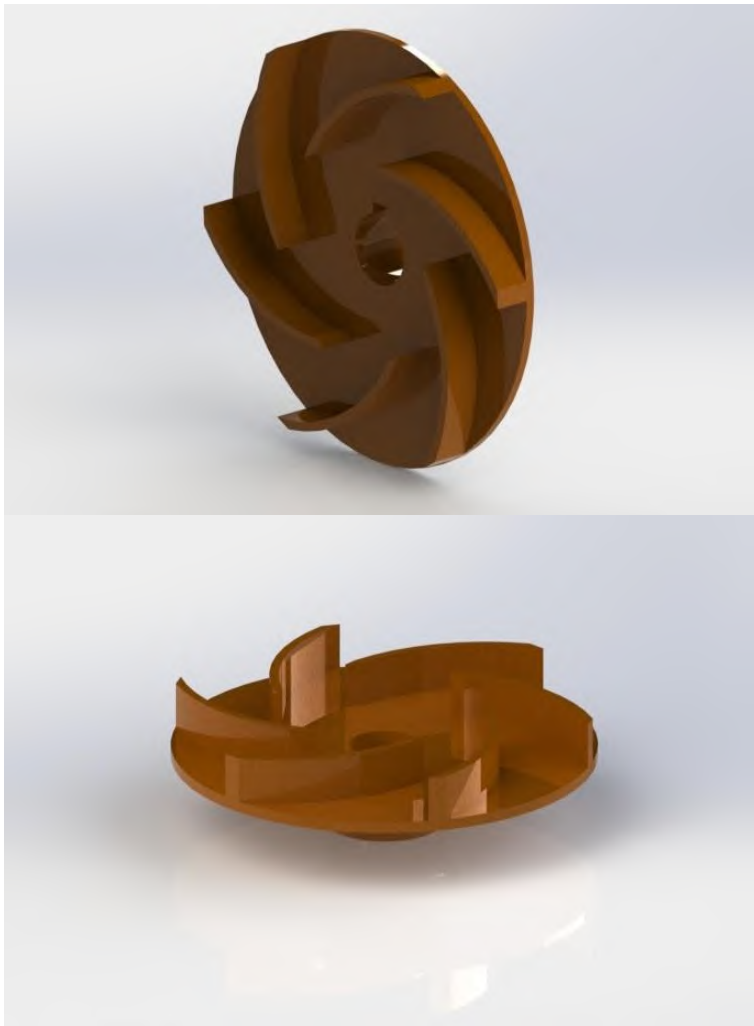


**Gambar 4.3** Grafik perbandingan unjuk kerja pompa SHIMIZU PS-116 BIT standar dan modifikasi

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



**Lampiran 1.** Impeller tipe radial pompa SHIMIZU PS-116  
BIT standar



**Lampiran 2.** Penampang sudu impeller tipe backward curve untuk pompa modifikasi

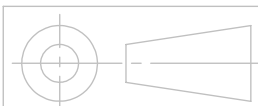
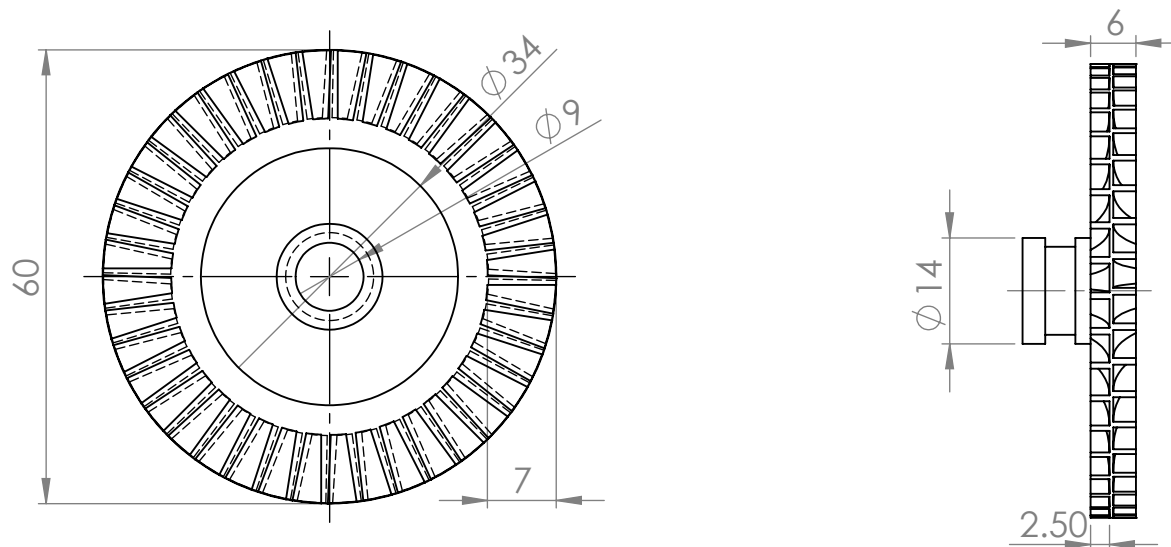




**Lampiran 3.** Nameplate Pompa SHIMIZU PS-116 BIT standar



**Lampiran 4.** Kondisi saat pengujian unjuk kerja pompa



SKALA : 1:1  
SATUAN : MM  
TANGGAL :

NAMA : FHABRY REFHA S  
NRP : 2113030009  
DIPERIKSA:

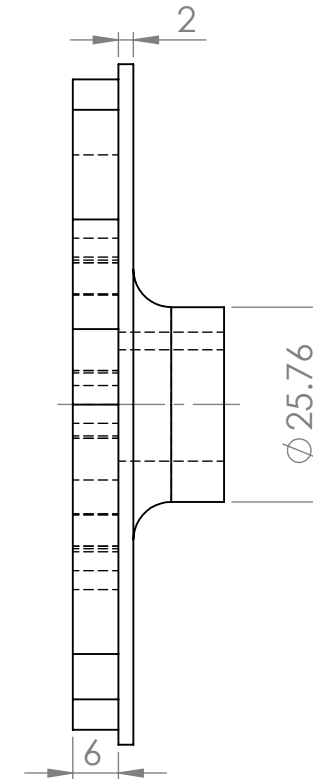
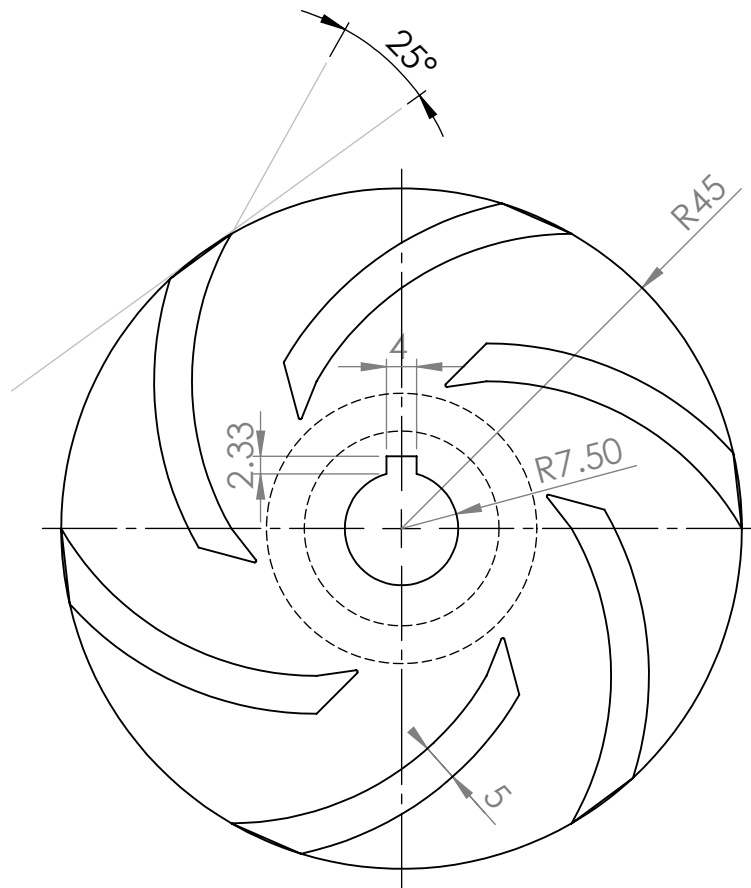
KETERANGAN

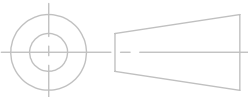
D3 TEKNIK MESIN FTI-ITS

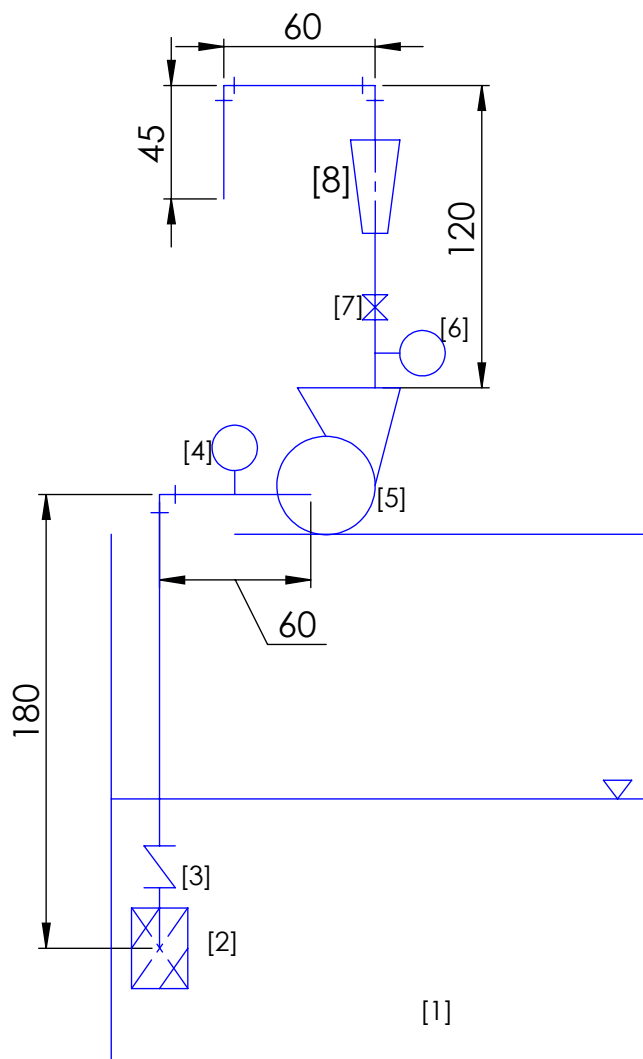
IMPELLER TIPE RADIAL

NO.

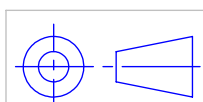
A4



|                                                                                      |             |                        |            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------|------------|----|
|  | skala : 1:1 | Nama : Fhabry Refha S  | Keterangan |    |
|                                                                                      | satuan : mm | NRP : 2113030009       |            |    |
|                                                                                      | tanggal :   | Diperiksa:             |            |    |
| D3 TEKNIK MESIN FTI-ITS                                                              |             | Impeller tipe backward | No.        | A4 |



- |                       |
|-----------------------|
| 8. Rotameter          |
| 7. Gate valve         |
| 6. Discharge mn.meter |
| 5. Pompa              |
| 4. Suction manometer  |
| 3. Foot valve         |
| 2. Strainer           |
| 1. Reservoir          |



skala : 1 : 30  
ukuran : cm  
tanggal :

nama : Fhabry RS  
NRP : 2113030009  
diperiksa:

Keterangan

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah diperoleh pada bab sebelumnya, diketahui untuk pompa SHIMIZU PS-116 BIT standar dengan *impeller* tipe radial, pada kondisi *fully open* memiliki nilai unjuk kerja dengan *Head* efektif 5.00346 m, kapasitas 23.333 (Lit/min), Nshaf 258.72 watt, WHP 19.00614 watt dan efisiensi 7.346221 %.

Setelah dilakukan modifikasi dengan mengganti *impeller* menjadi *backward curve*, unjuk kerja pompa meningkat dimulai dari nilai *Head* efektif dari 5.00346 m menjadi 6.01262 m, kapasitas pompa meningkat hingga 50% dari 23.333 (Lit/min) menjadi 53.333 (Lit/min), Nshaf tidak mengalami kenaikan yang signifikan, dari pompa standar 258.72 watt menjadi 267.52 watt untuk pompa modifikasi, hal ini karena design motor memang tidak dirubah. Selanjutnya jika dilihat dari nilai WHP, pompa standar hanya bernilai 19.00614 watt sedangkan untuk pompa modifikasi mencapai 52.20463 watt. Nilai terakhir yang mengalami peningkatan adalah efisiensi, dari kondisi standar 7.346221 % meningkat hingga 19.51429 % untuk pompa modifikasi.

Pada pompa standar titik efisiensi tertinggi terjadi pada percobaan ke 3 dengan nilai 14% sedangkan pada pompa modifikasi, efisiensi tertinggi pada saat *fully open*. Dari hasil perhitungan head untuk pompa standar lebih tinggi, namun tingkat kapasitasnya jauh dibawah pompa modif. Hal ini membuktikan bahwa pompa modifikasi lebih unggul dalam unjuk kerja, terbukti dari tabel berikut.

**Tabel 5.1** Perbandingan Unjuk Kerja Pada *Fully Open*

| pompa   | Head<br>(m) | Kapasitas<br>(Lit/min) | WHP<br>(watt) | Nshaft<br>(watt) | Efisiensi<br>(%) |
|---------|-------------|------------------------|---------------|------------------|------------------|
| Standar | 5.00346     | 23.333                 | 19.00614      | 258.72           | 7.346221         |
| Modif   | 6.01262     | 53.333                 | 52.20463      | 267.52           | 19.51429         |

**Tabel 5.2** Perbandingan Unjuk Kerja Pada Efisiensi Tertinggi

| pompa   | Head (m) | Kapasitas (Lit/min) | WHP (watt) | Nshaft (watt) | Efisiensi (%) |
|---------|----------|---------------------|------------|---------------|---------------|
| Standar | 17.8793  | 11.667              | 33.95813   | 228.8         | 14.84184      |
| Modif   | 6.01262  | 53.333              | 52.20463   | 267.52        | 19.51429      |

**Tabel 5.3** Perbandingan Unjuk Kerja Pada kondisi Shut-Off

| pompa   | Head (m) | Kapasitas (Lit/min) | WHP (watt) | Nshaft (watt) | Efisiensi (%) |
|---------|----------|---------------------|------------|---------------|---------------|
| Standar | 20.487   | 0                   | 0          | 181.28        | 0             |
| Modif   | 9.756    | 0                   | 0          | 193.6         | 0             |

## 5.2 Saran

Dilihat dari unjuk kerjanya, pompa modifikasi ini sesuai apabila digunakan untuk keperluan pemompaan yang membutuhkan kapasitas besar.

Untuk penggunaan skala rumah tangga, umumnya pada instalasi pompa SHIMIZU PS-116 BIT standar ditambahkan *pressure switch*. Komponen ini bekerja berdasarkan tekanan dan akan menonaktifkan pompa secara otomatis saat kondisi *fully close*. Sedangkan pada pompa modifikasi nilai *head* lebih kecil pada kondisi *fully close*, hal ini mempengaruhi kerja dari *pressure suit* karena nilai *head* berhubungan dengan tekanan. Seperti pada tabel tabel berikut.

**Tabel 5.4** Perbandingan *Head*-Kapasitas Pada kondisi Shut-Off

| pompa      | Shut-Off Head (m) | Kapasitas (Lit/min) |
|------------|-------------------|---------------------|
| Standar    | 20.487            | 0                   |
| Modifikasi | 9.756             | 0                   |

Seperti terlihat pada tabel diatas, maka *pressure switch* tidak akan berfungsi pada pompa yang telah dimodifikasi, dikarenakan nilai *head* yang lebih rendah maka nilai tekanannya tidak mencapai tekanan kerja dari *pressure switch*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fox, Robert W ; Mc Donald, Alan T. 2010. ***“Introduction To Fluid Mechanics, 8<sup>th</sup> edition”***. New York : John Wiley and Sons,inch.
- [2] Igor Karassik, J . 2001. ***“Pump Handbook”***. 3th, McGraw Hill, New York.
- [3] Khetagurov, M. ***“Marine Auxiliary Machinery and Systems”***. Diterjemahkan oleh Nicholas Weinstein dari bahasa Rusia. Moscow: Peace Publishers.
- [4] Meutiarani, Fauziah. 2015. ***“Pemilihan Pompa Lubrikasi Bearing dan Perawatan di Unit 3 PLTA UP Brantas”***. Surabaya: D3 Teknik Mesin
- [5] Sularso ; Tahara,Haruo. 2006. ***“Pompa dan Kompresor”***. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## **BIODATA PENULIS**



Penulis tugas akhir ini bernama Fhabry Refha Sakhty. Tugas Akhir ini diselesaikan sebagai persyaratan akademis untuk kelulusan di D-III Teknik Mesin ITS. Penulis dilahirkan di Trenggalek, 22 Februari 1995, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis tumbuh dan besar di Kabupaten Trenggalek. Dalam riwayatnya telah menempuh pendidikan formal yaitu SDN 2 Ngetal, SMP Negeri 1 Pogalan dan SMK Negeri 1 Trenggalek. Pada tahun 2013 Penulis diterima di Jurusan D-III Teknik Mesin FTI-ITS dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 2111 030 009. Pada saat ini Konversi Energi merupakan bidang studi yang dipilih dalam pengerjaan Tugas Akhir.

Selama duduk di bangku kuliah selain turut aktif mengikuti kegiatan perkuliahan, Penulis juga pernah berpartisipasi dalam berbagai kegiatan dan bergabung dalam organisasi. Kegiatan yang pernah diikuti antara lain : Menjadi anggota tim mobil listrik NOGOGENI pengurusan 2015-2016. Mengambil kerja praktek di PT. PETROKIMIA GRESIK selama satu bulan pada tanggal 01 s/d 31 Juli 2015.

Adapun pelatihan yang pernah diikuti penulis, antara lain: LKMM Pra-TD FTI-ITS, LKMM TD VI HMDM FTI-ITS, Pelatihan Karya Tulis Ilmiah HMDM FTI-ITS, Pelatihan Peningkatan Aqidah Dan Dasar Ilmu Islam HMDM FTI-ITS serta Pelatihan Motor Bakar HMDM FTI-ITS. Untuk informasi lebih lanjut dapat menghubungi melalui E-mail Sakhty.999@gmail.com